

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Энергетический

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра: Электрические сети и электротехника

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Сопоставительный анализ методов определения потерь электроэнергии в энергосистемах

УДК 621.311.017

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Г	Поскотина Ольга Вячеславовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Готман Владимир Иванович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Елена Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрические сети и электротехника	А.В. Прохоров	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Энергетический

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра: Электрические сети и электротехника

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭСиЭ

(Подпись) (Дата) А.В. Прохоров

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме: бакалаврской выпускной квалификационной работы

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Г	Поскотиной Ольге Вячеславовне

Тема работы:

Сопоставительный анализ методов определения потерь электроэнергии в энергосистемах	
Утверждена приказом	Дата: 27.04.2016 № 219/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14 июня 2016 года
--	-------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом исследования является часть схемы электроснабжения ОАО «Восток» РП-1 10 кВ. Исходными данными являются: принципиальная схема электроснабжения ОАО «Восток» и параметры её силовых элементов (марка и длины КЛ; параметры трансформаторов, мощности нагрузок и др.)
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Обзор методов определения потерь электроэнергии; - Расчеты режимов и проведение экспериментальных исследований для различных методов определения потерь электроэнергии; - Анализ структуры потерь мощности в элементах экспериментальной схемы электроснабжения.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема электроснабжения ОАО «Восток», структурная принципиальная расчетная схема ОАО «Восток» РП-1 10 кВ, результаты экспериментальных исследований.</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ассистент кафедры менеджмента Грахова Елена Александровна
Социальная ответственность	Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Амелькович Юлия Александровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	18.02.2016 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Готман Владимир Иванович	к.т.н., доцент		18.02.2016 г..

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Г	Поскотина Ольга Вячеславовна		18.02.2016 г..

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа		ФИО	
5А2Г		Поскотиной Ольге Вячеславовне	
Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭСиЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	При проведении исследования используется база лабораторий ТПУ кафедры ЭСиЭ; в исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	ГОСТ 14.322-83 Нормирование расхода материала. Основные положения; ГОСТ 51541-99 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. Приложение об окладах по новой системе оплаты труда
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам составляют 30% от ФОТ, тарифная ставка ТПУ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Технико-экономическое обоснование научно-технического исследования
2. Разработка устава научно-технического проекта	Исследование выполнено в рамках выпускной квалификационной работы, разработка устава не требуется
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ по научно-техническому исследованию, бюджет научно-технического исследования
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка научно-технического уровня исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Перечень работ
2. Линейный график работ
3. Бюджет проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Елена Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Г	Поскотина Ольга Вячеславовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Г	Поскотиной Ольге Вячеславовне

Институт	Кафедра	ЭСнЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность
		Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p><i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p><i>Предметом исследования является подстанция, основное рабочее место располагается в производственном помещении ПАО «ТРК».</i></p> <p><i>-вредные проявления (электромагнитные поля, повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенная температура воздуха на рабочем месте)</i></p> <p><i>-опасные проявления (опасные уровни напряжения в электрических цепях, замыкание которых может пройти через тело человека; а так же проявления пожарной и взрывной природы).</i></p>
<p><i>1. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	<p><i>ПУЭ, ПТЭ, ПТБ</i></p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p><i>В данном разделе будет рассмотрена:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
<p><i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p><i>Данная глава посвящается изучению:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); <p><i>пожаро-, взрыво-безопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i></p>
<p><i>3. Охрана окружающей среды:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p><i>Охрана окружающей среды:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); <p><i>разработать решения по обеспечению</i></p>

	экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; <p>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; <p>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</p>
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Г	Поскотина Ольга Вячеславовна		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Энергетический

Направление подготовки: 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра: Электрические сети и электротехника

Период выполнения: весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы: Бакалаврская выпускная квалификационная работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы: 14 июня 2015 года

Дата контроля	Название раздела/ вид работы	Максимальный балл раздела
15.03.2015	<i>Обзор методов определения потерь электроэнергии</i>	25%
10.04.2015	<i>Расчеты режимов и проведение экспериментальных исследований для различных методов определения потерь электроэнергии</i>	30%
15.05.2015	<i>Анализ структуры потерь мощности в элементах экспериментальной схемы электроснабжения</i>	25%
03.06.2015	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10%
06.06.2015	<i>Социальная ответственность</i>	10%
10.06.2015	<i>Выполненный дипломный проект</i>	100%

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доц. кафедры ЭСиЭ	Готман Владимир Иванович	к.т.н., доцент		18.02.2016 г..

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрические сети и электротехника	А.В. Прохоров	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Направление ООП: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль: Электроэнергетические системы и сети

Кафедра, институт: кафедра «Электрические сети и электротехника», Энергетический институт

Результат обучения	
Профессиональные компетенции	
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
Р 2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Универсальные компетенции	
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 72 страниц, 8 рис., 22 таблицы, 25 источников литературы, 3 приложения.

Ключевые слова: активная и реактивная мощности; графики нагрузок; методы расчета потерь электрической энергии, время максимальных потерь; программный комплекс; схема электроснабжения; электрический режим схемы.

Объектом исследования является схема электроснабжения ОАО «Восток» РП-1 10 кВ.

Целью выпускной квалификационной работы является сопоставительный анализ методов расчета потерь электрической энергии в энергетических системах.

В ВКР обсуждаются теоретические положения различных методов расчета годовых потерь электроэнергии; на базе схемы электроснабжения ОАО «Восток» проведем сопоставительный анализ рассмотренных методов расчета потерь электроэнергии; осуществлен анализ структуры потерь мощности в элементах экспериментальной схемы.

Методом исследования в данной работе является имитационное моделирование режимов электроэнергетических систем на базе программного комплекса «OPTIUM».

Степень внедрения: работа носит исследовательский характер и может быть использована в учебном процессе.

Область применения: расчет методов определения потерь электрической энергии в энергетических системах.

Перечень сокращений в алфавитном порядке

АСДУ – Автоматическая система диспетчерского управления

ГРУ - Главное распределительное устройство

КЛ – Кабельная линия

КРМ – Компенсация реактивной мощности

КРУ – Комплектное распределительное устройство

КТП - Комплектная трансформаторная подстанция

КТПСН - Комплектная трансформаторная подстанция собственных нужд

ОАО – Открытое акционерное общество

ПК – Персональный компьютер

РП – Распределительный пункт

СМВ – Секционный масляный выключатель

СШ – Секция шин

ТМ – Трехфазный трансформатор масляный

ТП – Трансформаторная подстанция

ТЭЦ – Теплоэлектроцентраль

Термины и определения

Потери топливно-энергетических ресурсов - разность между общим количеством отпускаемых топливно-энергетических ресурсов и полезно использованных в энергетических установках [4].

Потери энергии коммерческие - разность между отпущенной и полезно потребляемой энергией, которые обусловлены несовершенством системы учета, неодновременностью и неточностью снятия показаний счетчиков, погрешностью используемых приборов учета, неравномерностью оплаты энергопотребления, наличием безучетных потребителей, хищениями [4].

Потери энергии расчетные - потери, которые обусловлены расходом энергии на нагрев [4] , несовершенством термодинамических циклов и определяются по известным физическим закономерностям и параметрам режимов работы.

Потери энергии фактические (отчетные потери) - разность между количеством энергии, отпущенной в сеть и реализованной энергией [4], которая вычисляется по сумме оплаченных счетов к определенному моменту времени.

Графики электрических нагрузок – плавные, ломаные или ступенчатые кривые, построенные в прямоугольных осях координат, где по оси абсцисс откладывается время, в течение которого рассматривается изменение мощности, а по оси ординат ток или мощность нагрузки.

Электроснабжение - совокупность инженерных сооружений и мероприятий по обеспечению потребителей электроэнергией.

Содержание

Введение	14
Глава 1. Проведение экспериментальных расчетов	16
1.1 Выбор экспериментальной схемы и параметров электрооборудования	16
1.2 Расчет режимов и проведение экспериментальных исследований для различных методов определения потерь электроэнергии	20
1.1.1 Формирование исходных данных для расчета режима в программном комплексе «OPTIUM»	20
Глава 2. Методы определения потерь электроэнергии	22
2.1 Понятие методов определения потерь электрической энергии	22
2.2 Расчет по графику нагрузки	24
2.3 Расчет по времени наибольших потерь	27
2.4 Расчет по методу τ_p, τ_Q	30
2.5 Метод характерных суток	31
2.6 Сопоставительный анализ методов определения потерь электроэнергии	34
2.7 Анализ структуры потерь мощности в элементах экспериментальной схемы	35
2.8 Выводы по основному разделу	37
Глава 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	38
3.1 Техничко-экономическое обоснование научно-технического исследования	38
3.2 Планирование работ по научно-техническому исследованию	38
3.3 Определение трудоемкости работ	39
3.4 Построение графика работ	41
3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	44
3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ	44
3.5.2 Амортизационные отчисления	45
3.5.3 Расходы на оплату труда	46
3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды	47
3.5.5 Накладные расходы	47
3.5.6 Себестоимость проекта	47
3.6 Оценка научно-технического уровня исследования	48
Глава 4. Социальная ответственность	51
4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	51
4.1.1 Микроклимат	51
4.1.2 Освещение	53
4.1.3 Шум	54
4.1.4 Электромагнитное излучение	55
4.2 Анализ выявленных опасных факторов	56
4.2.1 Электробезопасность	56

4.2.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	57
4.3 Экологическая безопасность	60
4.5 Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности	61
Заключение	63
Список литературы	64
Приложение 1	
Приложение 2	
Приложение 3	

Введение

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов является одной из актуальных проблем и в России, и за рубежом. Одним из важнейших показателей технического состояния электрических сетей и уровня их эксплуатации является величина потерь электрической энергии и тенденции ее изменения.

Высокий уровень потерь электрической энергии в распределительных сетях энергетических систем в основном обусловлен некоторыми факторами: техническими параметрами элементов сети; неоптимальными режимами работы; недостатком регулирующих средств; отсутствием или неудовлетворительной компенсацией реактивной мощности; высокой неравномерностью графиков электрических нагрузок; неэффективностью систем учета электрической энергии.

С развитием в стране рыночных отношений важность проблемы потерь электроэнергии существенно возросла. Следовательно, увеличивается экономическая значимость проблемы потерь электрической энергии, которая обусловлена включением в тариф нормативных значений потерь и снижением прибыли сетевых компаний из-за сверхнормативных потерь.

Управление уровнем потерь электрической энергии, что подразумевает обеспечение требуемой точности прогнозирования и расчета оптимального значения потерь на основе сопоставительного анализа, в распределительных сетях является перспективной задачей.

Следовательно, проблема исследования потерь электрической энергии и путей их снижения в электрических сетях является актуальной, а также становится одной из задач обеспечения финансовой стабильности энергетических объединений.

В данной работе рассматриваются методы определения потерь электрической энергии на базе схемы электроснабжения ОАО «Восток». Целью работы является сопоставительный анализ методов потерь электрической энергии рассматриваемой энергосистемы. Для достижения поставленной цели выполняется ряд задач, в который входит подготовка базового теоретического материала, ознакомление с программным комплексом «OPTIUM», расчеты режимов и проведение экспериментальных исследований для различных методов определения потерь

электроэнергии, анализ структуры потерь мощности в элементах экспериментальной схемы электроснабжения.

Объект исследования – схема электроснабжения ОАО «Восток» РП-1 10 кВ.

Предмет исследования – сопоставительный анализ методов определения потерь электроэнергии в энергосистемах.

Глава 1. Проведение экспериментальных расчетов

1.1 Выбор экспериментальной схемы и параметров электрооборудования

ОАО «Восток» согласно схеме внешнего электроснабжения питается генераторным напряжением от ГРУ-10 кВ энергоснабжающей организации Курганской ТЭЦ. Схема электроснабжения ОАО «Восток» представлена на рис. 1.1 в виде однолинейной электрической схемы.

Для удобства и простоты при расчете имеющейся радиальной структуры схемы электроснабжения ОАО «Восток» электрическую сеть можно разделить на две независимые секции шин 10 кВ:

- СШ-1 питается от генераторного распределительного устройства КТЭЦ ГРУ-10 кВ;
- СШ-2 также питается от КТЭЦ ГРУ-10 кВ.

Для расчета режимов и проведения анализа полученных результатов используется схема, изображенная на рис. 1.2, на которых представлена структурная принципиальная расчетная схема электроснабжения ОАО «Восток» РП-1 10 кВ СШ-1.

Основные потребители электроэнергии являются цеховая смешанная активно-индуктивная нагрузка, в основном представленная двигательной нагрузкой, так как все механизмы и установки приводятся в движение с помощью асинхронных двигателей мощностью от 0,6 кВт до 250 кВт.

Потребители с чисто активной нагрузкой представлены лампами накаливания в светильниках и разнообразными ТЭНами и другими нагревательными устройствами.

Значения расчетных активных мощностей нагрузок приняты согласно данным программы ОАО «Восток» АСДУ «КТС Энергия», которая установлена на ПК предприятия в диспетчерской оперативной службе электроцеха.

Следует отметить, что в схеме электроснабжения ОАО «Восток» отсутствуют потребители на напряжении 10 кВ.

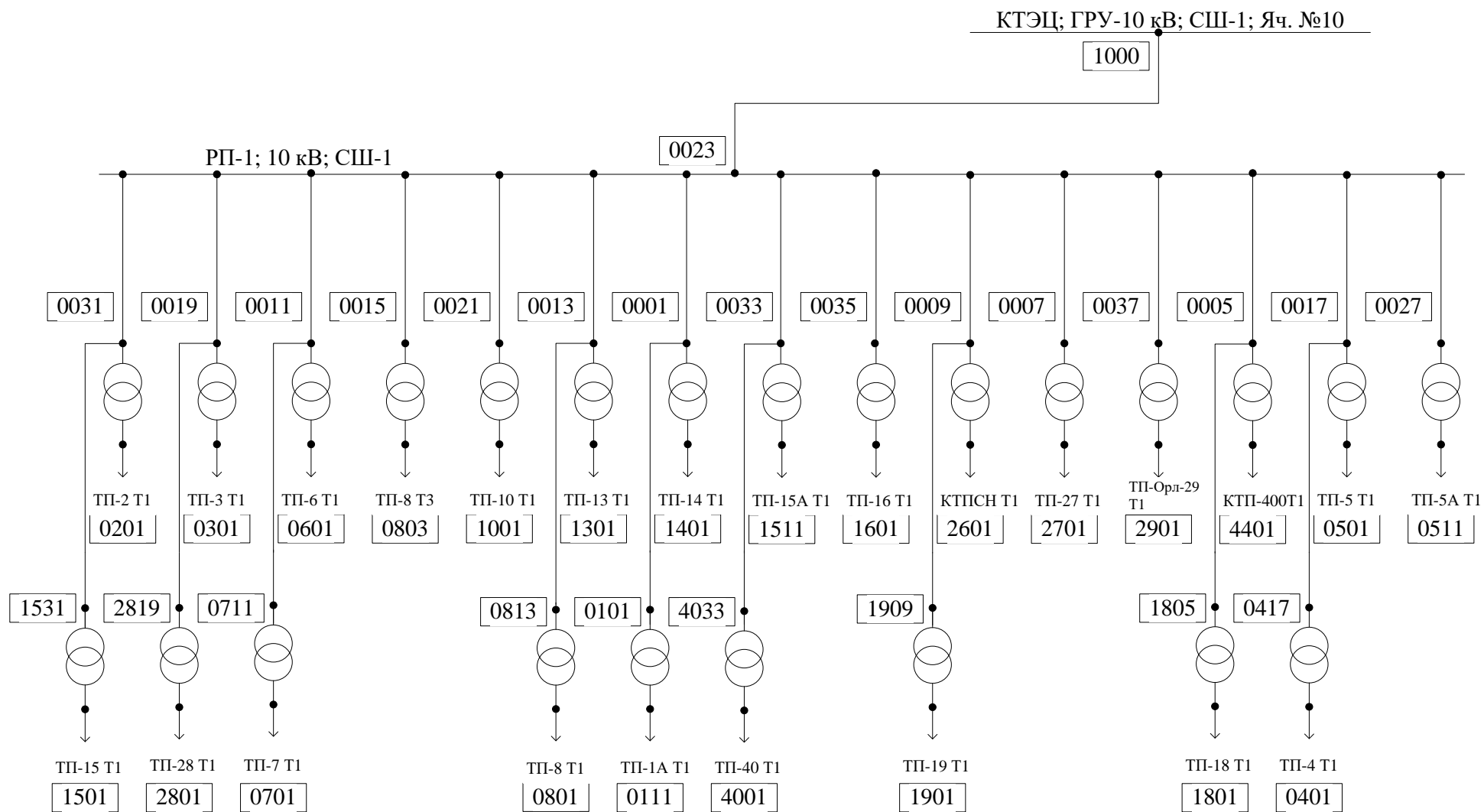


Рис.1.2 – Структурная принципиальная расчетная схема ОАО «Восток» РП-1 10 кВ СШ-1

Нагрузка на шине 10 кВ, которая представлена цеховыми ТП 10/0,4 кВ, включает в себя потери в трансформаторах и КЛ-10 кВ.

Данные учета потребленной активной текущей, получасовой и часовой мощности, собраны приборами учета отдельно по объектам потребления и суммарно по каждому КРУ (РУ)-0,4 кВ и по 10 кВ по каждой ячейке РП-1 10 кВ.

Действующие нагрузки цеховых ТП по цехам приняты за расчетные нагрузки в узлах питания потребителей предприятия, учитывая принадлежность их к трансформатору №1 или №2 двухтрансформаторных подстанций.

Программа «КТС-Энергия» предоставила электрические нагрузки всех цеховых трансформаторных подстанций ОАО «Восток» в максимальном режиме работы. Эти данные указаны в таблице 1.1 и приняты за расчетные.

Используя данные таблицы 1.1 о составе и параметрах нагрузок ТП 0,4 кВ, видно, что там, где отсутствует нагрузка у трансформатора, то он работает на холостом ходу с потерями холостого хода. Потери холостого хода являются справочной величиной и взяты из источника [2], а вот потери полной мощности в трансформаторе можно определить.

Таблица 1.1 – Показатели электрических нагрузок цеховых ТП

Диспетчерский номер трансформаторной подстанции	Расчётные значения нагрузок					
	Трансформатор №1 от СШ-1			Трансформатор №2 от СШ-2		
	Р, кВт	cosφ	Q, кВАр	Р, кВт	cosφ	Q, кВАр
ТП-1А	100,0	0,78	80,228	81,0	0,74	73,623
ТП-2	111,2	0,77	92,143	184,5	0,8	138,375
ТП-3	155,0	0,75	136,697	177,3	0,81	128,363
ТП-4	180,0	0,82	125,64	-	-	-
ТП-5	0	-	0	-	-	-
ТП-5А	104,0	0,77	86,177	-	-	-
ТП-6	197,1	0,76	168,552	227,1	0,8	170,325
ТП-7	0	-	0	-	-	-

Продолжение таблицы 1.1– Показатели электрических нагрузок цеховых ТП

ТП-8 Т-1,2	51,0	0,73	47,748	-	-	-
ТП-10	120,0	0,79	93,13	-	-	-
ТП-11	-	-	-	146,0	0,81	105,702
ТП-12	-	-	-	150,0	0,76	128,274
ТП-13	0	-	0	51,0	0,74	46,355
ТП-14	160,0	0,78	128,32	190,0	0,81	137,56
ТП-15	221,0	0,8	165,75	113,0	0,82	78,875
ТП-15А	76,0	0,77	62,976	0	-	0
ТП-16	150,8	0,82	105,259	200,0	0,83	134,4
ТП-18	0	-	0	80,0	0,73	74,898
ТП-18А	-	-	-	0	-	0
ТП-19	188,0	0,81	136,11	120,0	0,78	96,274
ТП-Орлово-26	0	-	0	70,0	0,8	52,5
ТП-27	175,0	0,77	145,01	0	-	0
ТП-28	92,6	0,76	79,188	0	-	0
КТПСН-29	0	-	0	0	-	0
ТП-40	194,0	0,79	150,56	121,8	0,75	107,418
КТП-400	65,0	0,75	57,325	-	-	-

1.2 Расчет режимов и проведение экспериментальных исследований для различных методов определения потерь электроэнергии

1.1.1 Формирование исходных данных для расчета режима в программном комплексе «OPTIUM»

Работоспособность и возможности программы «OPTIUM» демонстрируются на примере расчета оптимизационного режима реактивной мощности для схемы внешнего электроснабжения ОАО «Восток».

В некоторой степени потери снижаются за счет увеличенного сечения КЛ-10 кВ потому что, при этом уменьшается сопротивление, а пропускная способность линии возрастает и уменьшаются потери напряжения. Работа трансформаторов на холостом ходу вызывает излишние потери как в самом

трансформаторе, так и в системе электроснабжения, из-за низкого коэффициента мощности в режиме холостого хода. Такой же результат наблюдается у недогруженных двигателей, либо необходимо увеличить коэффициент загрузки таких двигателей, либо заменить их на менее мощные электродвигатели.

Исходные данные для расчета в программе «OPTIUM» представлены в приложениях 1 и 2.

В таблицах 1.2 и 1.3 приведены каталожные данные по кабельным линиям и трансформаторам.

Таблица 1.2– Каталожные данные по кабельным линиям

Марка провода	R, Ом/м	X, Ом/м
АСБ-10-3×150	0,206	0,079
АСБ-10-3×95	0,326	0,086
АСБ-10-3×70	0,447	0,083

Таблица 1.3 – Каталожные данные по трансформаторам

Тип	S _{ном} , кВА	U _в , кВ	U _н , кВ	u _к , %	P _к , кВт	Δ P _х , кВт	I _х , %	R _т , Ом	X _т , Ом	Δ Q _х , квар
ТМ-1000/10	1000	10	0,4	5,5	12,2	2,1	1,4	1,22	5,35	26
ТМ-750/10	750	10	0,4	5,5	10,3	1,68	1,8	1,5	6,8	22,5
ТМ-630/10	630	10	0,4	5,5	7,6	1,42	2,0	2,12	8,5	18,9
ТМ-560/10	560	10	0,4	4,5	6,4	1,43	2,05	1,8	9,1	16,7
ТМ-400/10	400	10	0,4	4,5	5,5	0,92	2,1	3,7	10,6	12,0
ТМ-250/10	250	10	0,4	4,5	3,7	1,05	2,3	6,7	15,6	9,2
ТМ-160/10	160	10	0,4	4,5	2,65	0,46	2,4	4,35	10,2	3,8

Глава 2 . Методы определения потерь электроэнергии

2.1 Понятие методов определения потерь электрической энергии

При передаче электрической энергии с шин электростанций до потребителей часть электрической энергии расходуется на нагрев проводников, создание электромагнитных полей и другие эффекты. Этот расход называется потерями электрической энергии. Использование данного понятия требует внесения определенной ясности, так как в других отраслях народного хозяйства подобное понятие ассоциируется потерями от брака, от нарушения технологического процесса и т. д. Понятие «потери электрической энергии» следует понимать как технологический расход электрической энергии на ее передачу.

Величина потерь электрической энергии в каком-либо элементе сети значительно зависит от характера нагрузки и ее изменения в течение периода времени, который рассматривается. В линии, которая работает с постоянной нагрузкой и имеет потери активной мощности ΔP , потери электрической энергии за время t составят:

$$\Delta W = \Delta P \cdot t \quad (2.1)$$

Если нагрузка в течение года изменяется, то потери электрической энергии можно рассчитать разными путями. Все методы в зависимости от используемой математической модели разделяются на две группы — детерминированные и вероятностно-статистические. Данные методы имеют множество модификаций и программных реализаций.

В таблице 2.1 различные методы расчета потерь электроэнергии систематизированы по наиболее целесообразной области их применения.

Таблица 2.1 - Методы расчета потерь электроэнергии

Метод расчета потерь электроэнергии	Область применения
Расчет по графику нагрузки ветви	Потери в межсистемных и транзитных линиях
Расчет по времени наибольших потерь	При проектировании электрических сетей и перспективных расчетах
Расчет по методу τ_p и τ_Q	При непостоянстве $\cos\varphi$ нагрузки
Метод двух $\tau(\tau_{\max}$ и $\tau_{\min})$	При существенной неоднородности графиков нагрузки
Метод средних нагрузок	В сетях с относительно постоянными нагрузками
Метод характерных режимов	При расчетах потерь за отчетный период при наличии данных измерений токовых нагрузок в линиях
Метод характерных суток	При расчетах потерь за отчетный период при наличии данных о графиках нагрузки в узлах сети
Статистический метод	Прогноз потерь в основных сетях энергосистем
Регрессионные методы	Прогноз потерь в электрических сетях 6-10 кВ

2.2 Расчет по графику нагрузки

Наиболее точный метод расчета потерь электрической энергии ΔW — это определение их по графику нагрузок ветви, где расчет потерь мощности находится для каждой ступени графика. Данный метод также называется методом графического интегрирования [5].

Графики нагрузок различают суточные и годовые. Суточные графики показывают изменение мощности нагрузки за сутки. На рис. 2.1 (а,б) приведены зимний и летний суточные графики активной и реактивной мощности нагрузки. На базе характерных суточных графиков за весенне-летний и осенне-зимний периоды строится годовой график, который приведен на рис. 2.1 (в). Он отражает длительность работы в течение года с различной нагрузкой. Начальная ордината годового графика равна максимальной нагрузке. По суточным графикам, учитывая количество различных типов суток (выходные и рабочие дни) в году для каждого значения мощности нагрузки суммируется время, за которое данная нагрузка имела место в течение года. Во-первых, определяется время, за которое имела место максимальная нагрузка, а затем отрезки времени для других значений мощности нагрузки, которые берутся в порядке убывания. В результате получается годовой график нагрузки, показывающий продолжительность работы при заданной нагрузке. Его называют графиком по продолжительности [2].

По годовому графику нагрузок определяются потери электрической энергии за год. Для этого необходимо определить потери мощности и электроэнергии для каждого режима. Далее полученные потери суммируют и определяют потери электрической энергии за год [2].

Достоинством метода определения потерь по графику нагрузки является высокая точность. Но отсутствие информации о графиках нагрузки для всех ветвей сети усложняет практическое использование этого метода. Так как ступеней в графике достаточно много расчет является трудоемким [2].

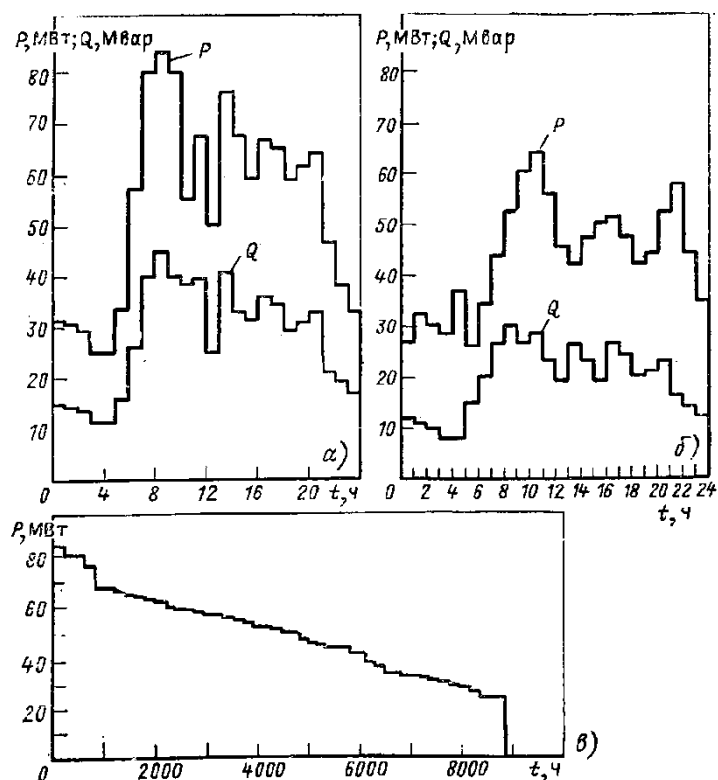


Рис. 2.1- Графики нагрузок: *а* - зимний суточный; *б* - летний суточный; *в* - по продолжительности

По заданному характерному графику электрических нагрузок, который представлен на рис. 2.2, построим график суточных нагрузок для зимнего периода времени в именованных единицах. За максимальную нагрузку берем мощность балансирующего узла, рассчитанную в программе «ОПТИУМ», для установившегося исходного режима, равную 2427,286 кВт [Приложение 3]. Расчетные данные для построения суточного графика приведены в таблице 2.2.

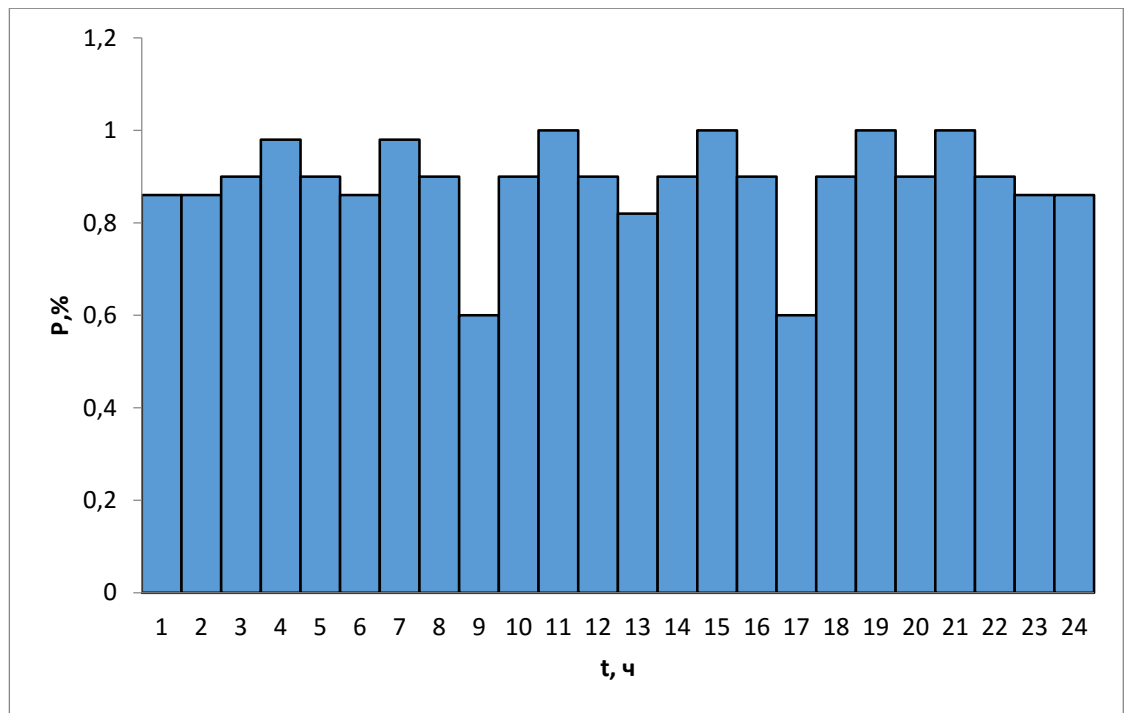


Рисунок 2.2- Характерный график электрических нагрузок

Таблица 2.2 – Данные суточных графиков

Часы	Р, кВт	Часы	Р, кВт	Часы	Р, кВт
1	2087,466	9	1456,3716	17	1456,3716
2	2087,466	10	2184,5574	18	2184,5574
3	2184,5574	11	2427,286	19	2427,286
4	2378,7403	12	2184,5574	20	2184,5574
5	2184,5574	13	1990,3745	21	2427,286
6	2087,466	14	2184,5574	22	2184,5574
7	2378,7403	15	2427,286	23	2087,466
8	2184,5574	16	2184,5574	24	2087,466

Суточный график нагрузок в зимний период в именованных единицах приведен на рис. 2.3.

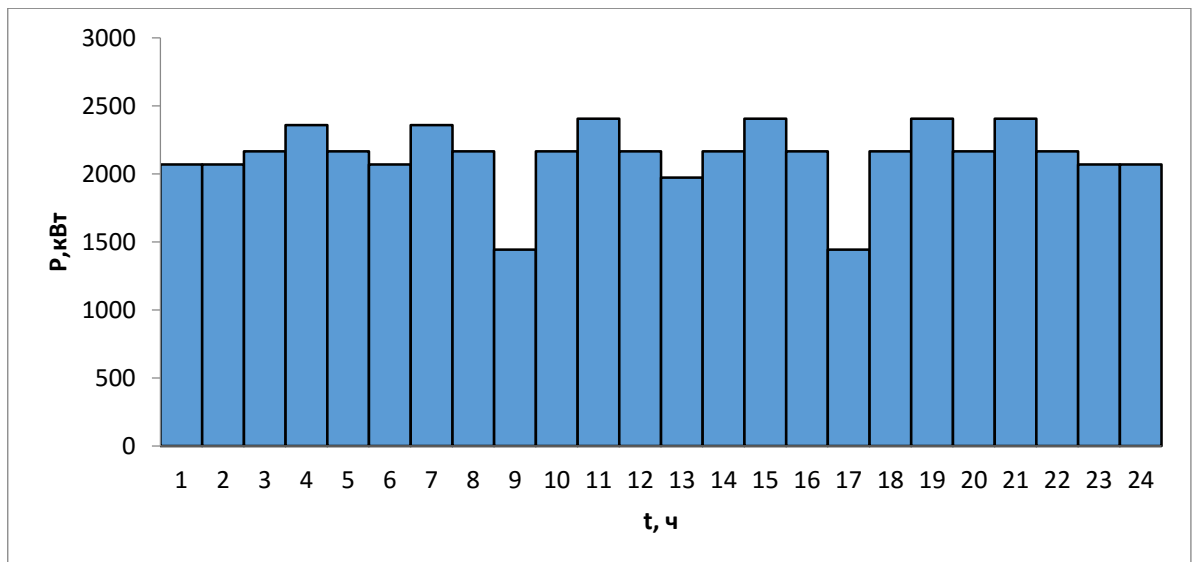


Рис. 2.3– Суточный график нагрузок в зимний период

Исходя из данных для суточного графика, представленного на рис. 2.3, определим суточные потери электроэнергии:

$$\Delta W_{\text{сут}} = 51652,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

Отсюда можем определить годовые потери электроэнергии по формуле (2.1):

$$\Delta W_{\text{год}} = 51652,6 \cdot 8760 = 452476776 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 452476,8 \text{ МВт} \cdot \text{ч}.$$

2.3 Расчет по времени наибольших потерь

Данный метод основан на определении времени наибольших потерь τ , за которое при пропускании по сети наибольшей неизменной нагрузки получаются те же потери электрической энергии, что и при переменной нагрузке в соответствии с действительным графиком нагрузки за данный период T . Замена действительного режима нагрузки сети на искусственный с неизменной наибольшей нагрузкой позволяет записать следующие уравнения, используя формулу (2.1) [1]:

$$\Delta W = 3R \int_0^T I^2(t) dt = 3RI_{\text{нб}}^2 \tau$$

или

(2.2)

$$\Delta W = \frac{R}{U^2} \int_0^T S^2(t) dt = \frac{R}{U^2} S_{\text{нб}}^2 \tau,$$

где $I_{\text{нб}}$, $S_{\text{нб}}$ - наибольшие ток и мощность.

Отсюда получается, что время наибольших потерь находится по формулам (2.3) или (2.4):

$$\tau = \frac{\int_0^T I^2(t) dt}{I_{нб}^2} \quad (2.3)$$

или

$$\tau = \frac{\int_0^T S^2(t) dt}{S_{нб}^2} \quad (2.4)$$

Из формул (2.3) и (2.4) можно заметить, что время наибольших потерь связано с характером графиков нагрузки $I(t)$ или $S(t)$. Следовательно, можно установить связь между временем наибольших потерь и различными характерными параметрами графиков нагрузки как коэффициент мощности, время использования наибольшей нагрузки, отношение наименьшей нагрузки к наибольшей и др. [1]. Для установления этой связи необходимо провести специальные исследования, используя различные графики нагрузки, которые описывают наиболее характерные режимы работы потребителей.

Связь между временем использования наибольшей нагрузки и временем наибольших потерь показывает формула:

$$\tau = (0,124 + T_{нба} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 \quad (2.5)$$

Недостатком этой формулы является наличие времени использования наибольшей полной мощности [1], но нахождение его связано с некоторыми трудностями и допущениями.

Учет коэффициентов мощности $\cos \varphi$ отражен в зависимостях $\tau = f(T_{нб})$, представленных на рис. 2.4 [6], предполагающие, что $\cos \varphi = \text{const}$ в течение всего рассматриваемого периода, т. е. идентичность суточных графиков активной и реактивной мощности. Данные зависимости, так же как и зависимость (2.5), дают меньшие погрешности при расчете потерь электрической энергии в разомкнутых электрических сетях.

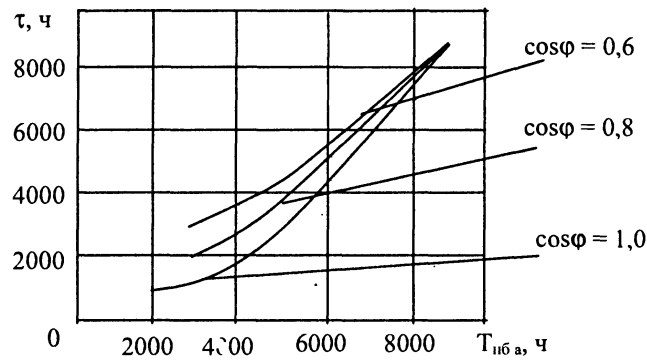


Рис. 2.4 - Зависимости времени наибольших потерь от времени использования наибольшей нагрузки

Для проектных расчетов в распределительных сетях и питающих сетях 110 кВ и выше применяется формула [1]:

$$\tau = 2T_{нб} - 8760 + \frac{8760 - T_{нб}}{1 + \frac{T_{нб}}{8760} - \frac{2P_{нм}}{P_{нб}}} \left(1 - \frac{P_{нм}}{P_{нб}} \right)^2, \quad (2.6)$$

где $T_{нб}$, как на рисунке 2 и формуле (2.5) — время использования наибольшей активной мощности; $P_{нб}$, $P_{нм}$ — наибольшая и наименьшая активная мощность за расчетный период.

Параметры при проектировании сети $T_{нб}$, $P_{нб}$, $P_{нм}$ могут быть определены достаточно просто. Но формула (2.6) не учитывает изменений $\cos \varphi$ во времени и зависимости времени наибольших потерь от формы графика нагрузки.

Таким образом, расчет потерь электроэнергии по данному методу получают по формулам (2.7) или (2.8):

$$\Delta W = 3I_{нб}^2 R \tau \quad (2.7)$$

или

$$\Delta W = \frac{S_{нб}^2}{U^2} R \tau = \frac{P_{нб}^2 + Q_{нб}^2}{U^2} R \tau \quad (2.8)$$

Несмотря на данные недостатки, этот метод достаточно широко используется на практике в проектных расчетах из-за его простоты [1].

Расчет годовых потерь по времени наибольших потерь будет осуществляться по формуле (2.8):

$$\Delta W = \frac{S_{нб}^2}{U^2} R \tau = \frac{P_{нб}^2 + Q_{нб}^2}{U^2} R \tau;$$

Временем использования наибольшей нагрузки в году, в соответствии с формулой (2.5):

$$\tau = (0,124 + T_{нб} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 6048 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 4653 \text{ ч},$$

где $T_{нб} = 6048 \text{ ч}$;

$$\Delta W_{год} = \frac{2427,286^2 + 2185,542^2}{10,5^2} \cdot 1,027 \cdot 4653 = 462402924,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 462402,9 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

2.4 Расчет по методу τ_P, τ_Q

Для того, чтобы снизить погрешности при определении ΔW необходимо учитывать динамику коэффициента мощности [2], конфигурацию графиков нагрузки и возможное несовпадение максимумов активной и реактивной нагрузки по времени в пределах как суток, так и года.

В данном методе, используя выражение (2.1), в величине $\Delta P_{нб}$ выделяются отдельно потери мощности от протекания по сети активной и реактивной мощностей. А время максимальных потерь состоит из двух составляющих - времени наибольших потерь активной и реактивной мощностей. Метод τ_P и τ_Q уточняет искомую величину потерь электрической энергии [2], но при этом необходима дополнительная информация о графиках реактивной мощности, которые бывают известны менее точно, чем графики активной мощности, или вообще не известны. Определения потерь электроэнергии по методу τ_P, τ_Q отражает следующее выражение:

$$\Delta W = \Delta P_P \tau_P + \Delta P_Q \tau_Q, \quad (2.9)$$

где $\Delta P_P, \Delta P_Q$ - составляющие потерь мощности от протекания по сети активной и реактивной мощностей; τ_P, τ_Q - время потерь от протекания активной и реактивной мощностей.

Составляющие потерь активной мощности определяются:

$$\Delta P_p = \frac{P_{\text{нб}}^2}{U_{\text{нб}}^2} r = \frac{2427,286^2}{10,5^2} \cdot 1,027 = 54882,48 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$\Delta P_Q = \frac{Q_{\text{нб}}^2}{U_{\text{нб}}^2} r = \frac{2185,542^2}{10,5^2} \cdot 1,027 = 44494,89 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Потери за год по формуле (2.9) равны:

$$\Delta W = \Delta P_p \tau_p + \Delta P_Q \tau_Q = 54882,48 \cdot 4653 + 44494,89 \cdot 4653 = 462402902,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 462402,9 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

2.5 Метод характерных суток

По данному методу намечают характерные сутки в пределах рассматриваемого периода T [1]. Для каждого из выбранных суток составляют графики нагрузок, представляемые в виде ступенчатых линий, и на каждой ступени графика нагрузка остается неизменной. Тогда потери электрической энергии за рассматриваемые характерные сутки можно определить по выражению:

$$\Delta W_x = \sum_{i=1}^n \Delta P_i t_i = 3R \sum_{i=1}^n I_i^2 t_i = \frac{R}{U^2} \sum_{i=1}^n S_i^2 t_i \quad (2.10)$$

где t_i — продолжительность ступени; I_i, S_i — ток и мощность на i -й ступени графика нагрузки; n — число ступеней суточного графика.

Годовые потери электроэнергии по методу характерных суток определяются:

$$\Delta W_x = \sum_{j=1}^m \Delta W_{x_j} n_{x_j} \quad (2.11)$$

где n_{x_j} — число j -х характерных суток, m — число намеченных характерных суток.

В качестве характерных суток могут быть рабочие и выходные летние [1], зимние, осенние и весенние сутки, т. е. 8 суток. Тогда $m=8$.

Для приближенных расчетов основываются лишь на характерных зимних и летних сутках. Тогда потери электрической энергии по методу характерных суток определяются по выражению (2.12):

$$\Delta W = \Delta W_z n_z + \Delta W_l n_l \quad (2.12)$$

где n_3, n_l — число зимних и летних характерных суток, обычно принимается равным $n_3 = 213, n_l = 152$, $\Delta W_3, \Delta W_l$ — потери энергии за характерные зимние и летние сутки.

В условиях эксплуатации графики нагрузки основываются на базе специальных замеров в характерные сутки года [1]. При проектировании сетей расчетные нагрузки определяются лишь приближенно, поэтому вычисленные потери электрической энергии являются приближенными.

Недостатком метода характерных суток является использование графиков полной, а не активной мощности, являющиеся менее точными. Кроме того, на результаты расчета влияет изменение схемы сети в течение года, изменение нагрузок электростанций, динамика нагрузок и др. Поэтому потери электроэнергии, которые посчитаны за характерные сутки, не остаются постоянными в течение всего характерного для этих суток периода [1]. Метод характерных суток можно считать одним из наиболее точных, он используется для расчета потерь в основных сетях энергетической системы, а также в качестве эталонного для сопоставления с другими методами. Для повышения точности определения годовых потерь электроэнергии, которые рассчитываются по формулам (2.11) или (2.12), рекомендуется [10] применять коэффициент нерегулярности k_{cx} , который учитывает влияние вынужденных режимов из-за изменения схемы:

$$\Delta W_{cx} = \Delta W k_{cx} \quad (2.13)$$

Значение коэффициента нерегулярности k_{cx} принимается равным 1,04—1,08.

Если же определить потери электроэнергии ΔW_{x_j} затруднительно (формула (2.11)) за характерные сутки, то применяется подход, который основан на расчете характерных режимов, следовательно, годовые потери электрической энергии находятся по формуле (2.14):

$$\Delta W = \sum_{j=1}^k \Delta P_j \Delta t_j \quad (2.14)$$

где Δt_j — продолжительность j -го режима; ΔP_j — нагрузочные потери мощности j -м режиме; k — число выбранных характерных режимов.

Основной недостаток подхода, основанного на расчете характерных режимов, заключается в трудности обоснования каждого характерного режима и его продолжительности [1].

Потери электрической энергии по методу характерных суток определяются по выражению (2.12):

$$\Delta W = \Delta W_z n_z + \Delta W_d n_d.$$

Для того, что определить потери за год необходимо построить летний суточный график, примем, что летнее снижение потребления электроэнергии уменьшается от максимума активной мощности нагрузки на 30% в этот период. Суточный график нагрузок в летний период представлен на рисунке 2.5.

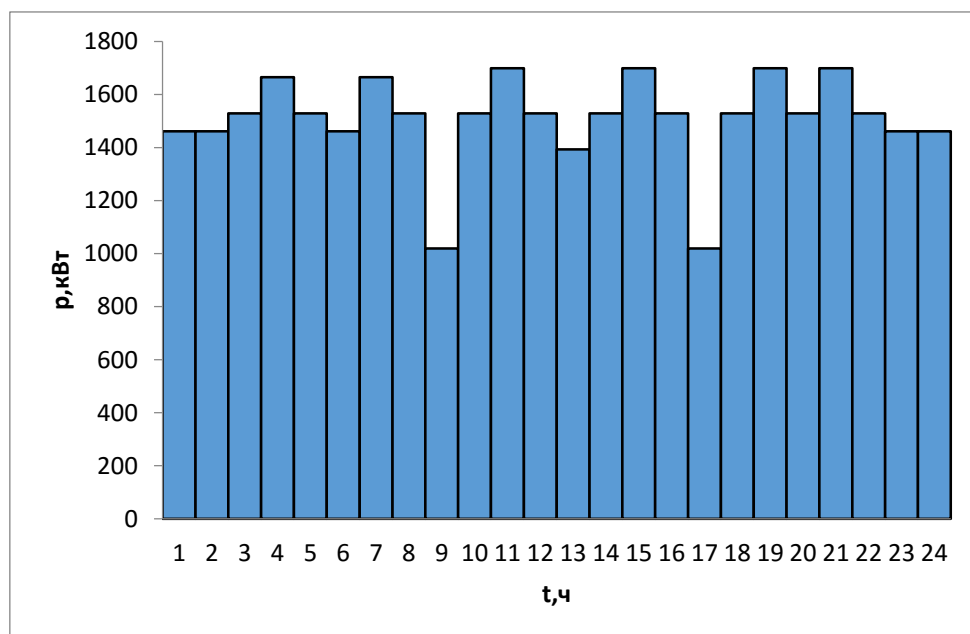


Рисунок 2.5– Суточный график нагрузок в летний период

Тогда годовые потери электрической энергии составят:

$$\Delta W = 51652,6 \cdot 213 \cdot 24 + 36156,9 \cdot 152 \cdot 24 = 395948462 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 395948,5 \text{ МВт} \cdot \text{ч};$$

где $n_z = 213$ дн., $n_d = 152$ дн.

2.6 Сопоставительный анализ методов определения потерь электроэнергии

Составим таблицу результаты расчетов по различным методам определения потерь электрической энергии:

Таблица 2.3 - Результаты расчетов по различным методам определения потерь электрической энергии

Метод определения потерь электроэнергии	Годовые потери электроэнергии, МВт·ч
По графику нагрузки	452476,8
По времени наибольших потерь	462402,9
Метод τ_p, τ_Q	462402,9
Метод характерных суток	395948,5

По результатам расчета имеем:

- наибольшие годовые потери электрической энергии получились при определении потерь методами по времени наибольших потерь и методом τ_p, τ_Q .
- наименьшие годовые потери электрической энергии получаются при методе характерных суток.

Наиболее точным методом определения потерь электрической энергии является метод определения потерь по графику нагрузки, так как присутствует информация о характерных суточных графиках нагрузок. Также он является достаточно трудоемким.

Расчет методом характерных суток является приближенным, то есть менее точным, потому что ориентировочно принимают число летних и зимних характерных суток равными $n_z = 213$ дн., $n_d = 152$ дн.

Определение потерь электрической энергии по времени наибольших потерь достаточно просто и удобен, так как для его расчета требуются значения максимальных нагрузок в энергосистеме и время использования максимальных нагрузок, о которых наиболее часто присутствует информация.

Расчет методом τ_P, τ_Q не сильно отличается от метода по времени наибольших потерь, но кроме информации об активной мощности, требуется дополнительная информация о реактивной мощности.

2.7 Анализ структуры потерь мощности в элементах экспериментальной схемы

По расчету исходного установившегося режима в программном комплексе «ОРТИУМ» рассмотрим структуру потерь мощности в элементах данной схемы.

Потери мощности в энергетической системе состоят из потерь в кабельных линиях, потерь в обмотках трансформаторов на нагрев и потерь холостого хода.

Потери мощности в системе:

$$\Delta P_C = P_{\text{БУ}} - P_{\text{н}},$$

где $P_{\text{БУ}}$ - мощность балансирующего узла, $P_{\text{н}}$ - мощность нагрузки системы [Приложение 2,3].

$$\Delta P_C = 2427,286 - 2402,34 = 24,9453 \text{ кВт}$$

Определим потери в обмотках трансформаторов на нагрев, как:

$$\Delta P_{\text{тр}} = P_{\text{н}} - P_{\text{к}} = P_{1531} - P_{1501} = 221,9 - 220,98 = 0,92 \text{ кВт}$$

где $P_{\text{н}}$ - мощность в начале участка, $P_{\text{к}}$ - мощность в конце участка.

Таблица 2.4 - Потери в обмотках трансформаторов на нагрев на участках схемы

Участок	Р, кВт	Участок	Р, кВт
1531-1501	0,92	0001-0101	0,23
0031-0201	0,28	0033-1511	0,15
2819-2801	0,18	4033-4001	0,74
0019-0301	0,53	0035-1601	0,43
0011-0601	1,17	1909-1901	1,11
0021-1001	0,41	0007-2701	1,07
0813-0801	0,1	0005-4401	0,28
0001-1401	0,52	0417-0401	0,59
0027-0511	0,25		

Суммарные потери в обмотках трансформаторов на нагрев во всей схеме:

$$\sum \Delta P_{mp} = 8,04 \text{ кВт}$$

Потери на холостой ход трансформаторов определяются по каталожным данным (таблица 1.3):

$$\sum \Delta P_{xx} = 42,74 \text{ кВт}$$

Потери в кабельных линиях составят:

$$\Delta P_{кл} = \Delta P_c - \sum \Delta P_{тр} = 24,9453 - 8,04 = 16,9053 \text{ кВт}$$

На основании расчета потерь мощности в энергосистеме построим круговую диаграмму, представленную на рисунке 2.6.

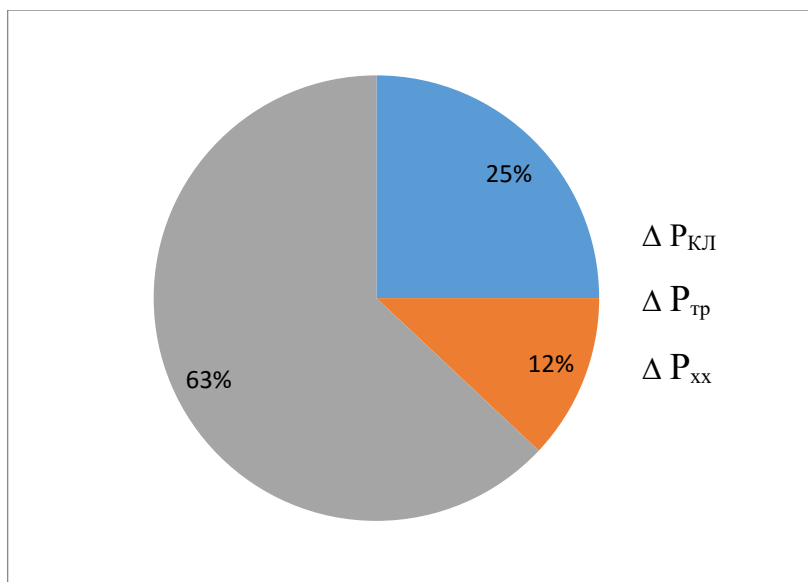


Рисунок 2.6 – Круговая диаграмма, показывающая структуру потерь мощности в элементах энергосистемы

Из круговой диаграммы видно, что наибольший процент потерь мощности приходится на потери в трансформаторах, они в свою очередь включают в себя и потери на холостой ход. Потери в кабельных линиях снижаются за счет увеличенного сечения, при этом уменьшается сопротивление, пропускная способность линии возрастает, и уменьшаются потери напряжения.

2.8 Выводы по основному разделу

В главе 2 произведен расчет годовых потерь электрической энергии различными методами, такими как по графику нагрузки, по времени наибольших потерь, по методам τ_p, τ_Q и характерных суток. Все потери электрической энергии сопоставимы между собой. Проведен сопоставительный анализ этих методов определения потерь электрической энергии. Наиболее точным методом является метод определения потерь по графику нагрузки, менее точный – метод характерных суток.

Произведен расчет потерь мощности в элементах экспериментальной схемы электроснабжения и проанализировали их структуру, который показывает, что наибольший процент потерь мощности приходится на потери в трансформаторах, которые включают в себя потери на холостой ход.

Глава 3 . Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Технико-экономическое обоснование научно-технического исследования

Научно-техническое исследование посвящено сопоставительному анализу методов определения потерь электроэнергии в энергосистемах.

Задача рационализации уровня потерь важна из-за того, что они связаны с необходимостью дополнительной выработки электроэнергии на электростанциях, что, в свою очередь, требует дополнительных затрат топлива. Таким образом, потери электроэнергии напрямую связаны с дополнительным расходом топлива на тепловых электростанциях, и, следовательно, непосредственно влияют на экономические показатели функционирования энергосистем.

НИР позволит повысить надежность электроснабжения потребителей, уменьшить эксплуатационные затраты, появится возможность компенсировать дефицита мощности. Для этого выбираем современное микропроцессорное оборудование с промышленным программным обеспечением, лучшими техническими характеристиками и минимальной стоимостью.

Для технико-экономического обоснования проведения НИР проведем необходимые расчеты:

1. Расчет трудовых затрат на НИР
2. Расчет затрат на оборудование;
3. Расчет эффективности проделанной работы.

3.2 Планирование работ по научно-техническому исследованию

Для выполнения научно-исследовательской работы собирается рабочая группа из двух человек, в которую входят научный руководитель и студент. Далее составляется поэтапный перечень всех необходимых работ, выбирается оптимальное время их исполнения в рабочих днях и количество задействованных в работе человек.

Эти данные представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Перечень этапов, работ и распределения исполнителей

№ этапа	Основные этапы	Содержание работы	Исполнители	Продолжительность этапов в %
1	Подготовительный этап	Разработка технического задания	Руководитель Студент	10
2	Разработка исследовательской части проекта	Изучение методов определения потерь электроэнергии	Руководитель Студент	20
		Изучение построения моделей в программном комплексе «OPTIUM»		
		Расчеты режимов и проведение экспериментальных исследований для различных методов определения потерь электроэнергии		
		Анализ структуры потерь мощности в элементах экспериментальной схемы электроснабжения		
4	Обобщение и оценка результатов	Анализ полученных результатов, выводы	Руководитель Студент	10
5	Завершающий этап	Оформление научно-технического исследования	Руководитель Студент	10
Итого				100

3.3 Определение трудоемкости работ

Стоимость проектирования определяется, помимо всего прочего, трудовыми затратами. Для этого определяется трудоемкость каждого исполнителя, которая оценивается вероятностно, в связи с различными факторами процесса.

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дней.;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дней.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дней.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дней.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, человек.

Продолжительность всей работы составляет 136 дней. Далее, зная процентное соотношение каждого вида работ к общему количеству дней, будет найдено продолжительность работ для каждого этапа и определена трудоемкость работ, считая, что руководитель лишь помогает и контролирует ход выполнения работы. Результаты сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Временные показатели проведения НИР

№ этапа	Кол-во исполнителей	Кол-во дней	Продолжительность работ			Т, чел/дн
			t_{\min}	t_{\max}	$t_{ож}$	
1	Руководитель Студент	14	11	17	13	11
2	Руководитель Студент	27	23	31	26	23
3	Руководитель Студент	67	62	72	66	54
4	Руководитель Студент	14	10	18	13	11
5	Руководитель Студент	14	12	16	14	10

3.4 Построение графика работ

Далее необходимо построить ленточный график работ. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, представляющая работы по проекту протяженными во времени отрезками, которые характеризуются датами начала и окончания выполнения данных работ. Эта диаграмма дает возможность наглядно отслеживать процесс выполнения работ, а также следить за сроками их готовности.

Таким образом, общая продолжительность НИР составила 136 рабочих дней.

Таблица 3.3 – Диаграмма Ганта

Стадии, этапы	Исполнители	T _р раб.д н.	Рабочие месяцы															
			Февраль				Март				Апрель				Май			
			2	3			1	2	3		1	2	3			1		
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП																		
Разработка технического задания	Студент	11																
	Руководитель	2																
РАЗРАБОТКА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА																		
Изучение методов определения потерь электроэнергии	Студент	12																
	Руководитель	2																
Изучение построения моделей в программном комплексе «ОРТИУМ»	Студент	12																
	Руководитель	2																
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ																		
Расчеты режимов и проведение экспериментальных исследований для различных методов определения потерь электроэнергии	Студент	40																
	Руководитель	3																
Анализ структуры потерь мощности в элементах экспериментальной схемы электроснабжения	Студент	20																
	Руководитель	3																

Продолжение таблицы 3.3 - Диаграмма Ганта

Стадии, этапы	Исполнители	T _р раб. дн.	Рабочие месяцы			
			Май			
			2		3	
ОБОБЩЕНИЕ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ						
Анализ полученных результатов, выводы	Студент	9				
	Руководитель	2				
ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП						
Оформление научно-исследовательского проекта	Студент	8				
	Руководитель	2				

3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Рассчитаем себестоимость проделанной работы. Необходимые статьи затрат:

1. Материальные затраты;
2. Затраты на оплату труда;
3. Отчисления на социальные нужды;
4. Амортизационные отчисления;
5. Прочие затраты;
6. Накладные расходы.

3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

В разделе «материальные затраты» отражается стоимость приобретенных со стороны сырья и материалов, которые необходимы для разработки научно-технического исследования.

Таблица 3.4 – Материальные затраты

№	Наименование изделия	Количество (ед. штук, упаковок)	Цена единицы изделия, руб.	Общая стоимость изделия, руб.
1	Бумага формата А4	3	250	750
2	Ручки и карандаши	10	25	250
3	Картридж ч/б	1	500	500
4	Скобы для степлера	5	20	100
5	Компьютер	2	34000	68000
6	Принтер	1	5000	5000
Итого:	74600 руб.			

Таким образом, сумма материальных затрат составляет 74600 руб. Но так как все эти изделия приобретены Томским Политехническим Университетом еще до начала разработки данного научно-технического исследования, то сумма материальных затрат будет считаться сэкономленной суммой проекта.

3.5.2 Амортизационные отчисления

Амортизационные отчисления — отчисления части стоимости основных фондов для возмещения их износа.

При расчете затрат на амортизацию следует учитывать приобретения в году и в последующие годы только ту часть затрат, которая происходит от старения основных фондов в каждом году.

Необходимо рассчитать амортизацию компьютерной техники ($I_{\text{ам.комп.техн.}}$). Для расчета воспользуемся следующей формулой:

$$I_{\text{ам.комп.техн.}} = (T_{\text{исп.к.т.}}/365) \times K_{\text{комп.т.}} \times H_a, \quad (3.1)$$

где $T_{\text{исп.к.т.}} = 136$ дней – время использования компьютерной техники;

365 дней – число дней в году;

$K_{\text{комп.т.}}$ – стоимость компьютерной техники;

H_a – норма амортизации.

$$K_{\text{комп.т.}} = K_{\text{комп}} + K_{\text{принтера}} \quad (3.2)$$

где $K_{\text{комп}}$ – стоимость компьютера, руб.;

$K_{\text{принтера}}$ – стоимость принтера, руб.;

$$H_a = 1/T_{\text{слк.т.}}, \quad (3.3)$$

где $T_{\text{слк.т.}}$ – срок службы компьютерной техники, год.

$$I_{\text{ам.комп.}} = (T_{\text{исп.к.т.}}/365) \times K_{\text{комп.т.}} \times H_a = (136/365) \times 34000 \times (1/8) = 1584 \text{ руб.} \quad (3.4)$$

$$I_{\text{ам.прин.}} = (T_{\text{исп.к.т.}}/365) \times K_{\text{комп.т.}} \times H_a = (60/365) \times 5000 \times (1/6) = 137 \text{ руб.} \quad (3.5)$$

$$I_{\text{ам.комп.техн.}} = 2 \times I_{\text{ам.комп.}} + I_{\text{ам.прин.}} = 2 \times 1584 + 137 = 3305 \text{ руб.} \quad (3.6)$$

Результаты расчета представлены в таблице 3.5

Таблица 3.5– Затраты на амортизацию оборудования

Наименование оборудования	$K_{\text{комп.т.}}$ руб.	$T_{\text{исп.к.т.}}$, дней.	$I_{\text{ам.комп.техн.}}$, руб
Компьютер×2	34000×2	136	1584×2
Принтер	5000	60	137
Итого	3305		

Затраты на амортизацию оборудования составляют 3305 руб.

3.5.3 Расходы на оплату труда

В состав затрат на оплату труда включаются:

1. Выплаты заработной платы за фактически выполненную работу, исходя из сделанных расценок, тарифных ставок и должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии формами и системами оплаты труда;

2. Выплаты стимулирующего характера по системам положения;

3. Выплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда (выплаты по районным коэффициентом);

4. Оплата в соответствии с действующим законодательством очередных ежегодных и дополнительных отпусков;

5. Другие виды выплат за исключением расходов по оплате труда, финансируемых за счет прибыли предприятия. Организация заработной платы основана на тарифной системе. Тарифный фонд для бюджетных работ рассчитывается по единой тарифной сетке. Она предусматривает 18 разрядов. Тарифная сетка применяется для установления соотношений в оплате труда в зависимости от квалификации рабочего определяемой присвоенным разрядом. Каждому разряду соответствует определенный тарифный коэффициент.

Примем, что тарифная ставка (оклад) равна 23264,86 руб., согласно, приложению об окладах труда в Томском Политехническом Университете[4].

Примем, что полный фонд заработной платы (ФЗП):

$$\text{ФЗП} = 23264,86 \times 2,65 \times 1,3 + 3000 = 83147 \text{ руб.}, \quad (3.7)$$

где $k_p = 1,3$ - районный коэффициент;

$k_n = 2,65$ - повышающий коэффициент (доцент, имеющий степень кандидата наук);

Доплата = 3000 руб. за ученую степень кандидата наук.

3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Социальный налог включает в себя: обязательные отчисления по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования от элемента «Затрат на оплату труда».

Рассчитываем отчисления на социальные нужды ($I_{\text{соц.отч.}}$):

$$I_{\text{соц.отч.}} = \text{ЕСН} = 0,3 \times \text{ФЗП} = 0,3 \times 83147 = 29944 \text{ руб} \quad (3.8)$$

3.5.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующее:

- 1) затраты на текущий ремонт;
- 2) амортизацию основных производственных фондов;
- 3) затраты на охрану труда и пожарную безопасность.

Для проектных отделов накладные затраты составляют 200% от полного фонда заработной платы. Тогда:

$$I_{\text{накл.расх}} = 2,0 \times \text{ФЗП} = 2,0 \times 83147 = 166294 \text{ руб.} \quad (3.9)$$

3.5.6 Себестоимость проекта

Следовательно, себестоимость проекта ($K_{\text{проекта}}$) равна:

$$\begin{aligned} \Sigma I_{\text{проекта}} = I_{\text{мат}} + I_{\text{ам.компл.техн}} + \text{ЗП} + I_{\text{соц.отч}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{прочие}} = 74600 + 3305 + \\ + 83147 + 29944 + 166294 = 357290 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (3.10)$$

Далее определяем плановые накопления (ПР). Стоимость проекта включает в себя 30% прибыли, таким образом:

$$\text{ПР} = 0,3 \times K_{\text{проекта}} = 0,3 \times 357290 = 107187 \text{ руб.} \quad (3.11)$$

Рассчитываем стоимость проекта (Π).

$$\Pi = K_{\text{проекта}} + \text{ПР} = 357290 + 107187 = 464477 \text{ руб.} \quad (3.12)$$

Данный бюджет показывает какую часть из общих затрат составляет конкретный пункт. Бюджет затрат научно-исследовательского проекта подаётся на утверждение в проектную организацию, которая принимает решение об осуществлении данного проекта.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 3.6

Таблица 3.6 - Расчет бюджета затрат НТИ

Виды затрат	Обозначение	Сумма затрат, руб.
Материальные затраты	$I_{\text{матер}}$	74600
Амортизация компьютерной техники	$I_{\text{ам, комп. техн}}$	3305
Затраты на оплату труда	ЗП	83147
Отчисления на социальные нужды	$I_{\text{соц. отчисл}}$	29944
Накладные расходы	$I_{\text{накл. расх}}$	166294
Себестоимость проекта	$K_{\text{проекта}}$	357290
Плановые накопления (прибыль)	ПР	107187
Стоимость проекта (цена)	Ц	464477

Таким образом, стоимость данного проекта, выполненного Томским Политехническим Университетом, составляет 464477 руб., но с учетом экономии на материальных затратах стоимость будет составлять 389877 руб.

3.6 Оценка научно-технического уровня исследования

Оценка научной ценности, технической значимости и эффективности проекта производится с помощью расчета коэффициента научно-технического уровня. Расчет коэффициента производится методом балльных оценок, суть которого состоит в присвоении каждому из признаков научно-технического уровня определенного количества баллов по принятой шкале. Общую оценку можно сделать, просуммировав количество баллов по всем признакам с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле 13[2].

$$HTU = \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i \quad (3.13)$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

P_i – количественная оценка i – го признака.

Таблица 3.7 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0,4
Теоретический уровень	0,4
Возможность реализации	0,2

Таблица 3.8 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 3.9– Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами	8
Разработка способа (алгоритм, вещество, устройство, программы)	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 3.10- Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
Уже реализуется, но есть много недостатков	8
В течение первых лет	6
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль	4
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0,4, P_1 = 8, k_2 = 0,4, P_2 = 8,$$

$$k_3 = 0,2, P_3 = 8, k_4 = 0,2, P_4 = 2.$$

$$НТУ = 0,4 \cdot 8 + 0,4 \cdot 8 + 0,2 \cdot 8 + 0,2 \cdot 2 = 8,4$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данное исследование имеет сравнительно высокую значимость теоретического и практического уровня.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» решены следующие задачи:

- Произведено технико-экономическое обоснование НТИ, которое отражает, что исследование является перспективным и экономически целесообразным;
- Составлен поэтапный перечень всех необходимых работ, построена диаграмма Ганта, из которой видно, что продолжительность проекта составила 136 рабочих дней.
- Рассчитан бюджет научно-технического исследования, в который входит расчет материальных затрат, амортизационные отчисления, расходы на оплату труда, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы. В результате расчета стоимость проекта составила 389877 руб., с учетом экономии на материальных затратах, так как проект выполнен на базе лабораторий Томского Политехнического Университета. Экономия НТИ составила 74600 руб. Был сделан анализ и оценка научно-технического уровня исследования.
- Произведена оценка научно-технического уровня исследования, которая показала, что исследование имеет высокую значимость теоретического и практического уровня. После получения результатов по научно-техническому исследованию не планируется получение патентов, авторских свидетельств. В результате выполнения научно-технического исследования будет составлено техническая записка, которая будет представлена на защите проекта на университетском уровне.

Глава 4 . Социальная ответственность

Целью данной выпускной квалификационной работы является сопоставительный анализ методов определения потерь электроэнергии в энергосистемах. Рабочее место располагается в производственном помещении ПАО «Томская распределительная компания». В данной главе рассматривается рабочее место инженера эксплуатационщика. Основная работа производится с использованием персонального компьютера, с помощью которого можно осуществлять хранение и обработку информации, создавать и формировать необходимые документы для отчетности.

4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

При несоблюдении санитарно-гигиенических правил и норм работа на компьютере может привести к развитию ряда заболеваний. При работе с ПК возможны следующие вредные факторы: высокий уровень шума и температуры, влажность, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения, дефицит естественного света, низкая освещённость, электромагнитное излучение. К опасным факторам относится возможность поражения электрическим током и статическим электричеством, пожар.

4.1.1 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей.

Указанные параметры оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его самочувствие и здоровье. Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения. Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. Для обеспечения оптимальных условий труда санитарные нормы [1] определяют на

одного работающего человека объём производственного помещения не менее 20 м³ площади помещения, огороженного стенами не менее 6 м². При этом нормируются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха [1].

Нормы учитывают время года – холодный и переходный (+10° С и ниже), теплый (+10° С и выше) периоды; категорию работ – легкая, средней тяжести и тяжелая; характеристику помещения по тепловому облучению.

Работы, выполняемые на данном рабочем месте, относятся к категории Ia, т.е. это работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

В таблицах 4.1 и 4.2 приведены оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата для категории работ по уровню энергозатрат - Ia соответственно. В таблице 4.1.3 представлены допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников.

Таблица 4.1– Оптимальные нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Средняя скорость движения воздуха, не более 2 м/с
Холодный	Ia	22 - 24	60 - 40	0,1
Тёплый	Ia	23 -25	60 - 40	0,1

Таблица 4.2 - Допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работы	Температура, °С		Относительная влажность, %, не более	Скорость движения воздуха, м/с, не более
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		
Холодный	Ia	20-21,9	24,1-25	15 - 75	0,1
Теплый	Ia	21-22,9	25,1-28	15 - 75	0,1-0,2

Таблица 4.3 - Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м, не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

Требуемое состояние микроклимата рабочей зоны может быть обеспечено с помощью таких технических средств, как:

- Устройства, предназначенные для защиты от тепловых излучений, снижающие температуру воздуха в помещении, а также снижающие уровень теплового облучения работающих. Для этой цели в кабинет устанавливают кондиционер;
- Устройства вентиляции и отопления.

Целью вентиляции является обеспечение чистоты воздуха и допустимых норм параметров микроклимата на рабочем месте. Принцип работы вентиляции основан на удалении загрязнённого или нагретого воздуха из помещения и подаче свежего воздуха.

Задача отопления в помещениях состоит в том, чтобы поддерживать в них в холодное время года заданную температуру воздуха, а также обеспечивать безопасность в отношении пожаров и взрывов.

4.1.2 Освещение

Качество получаемой информации, а значит и эффективной работы, во многом зависит от освещения: неудовлетворительное в количественном или качественном отношении освещение не только утомляет зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Нерационально организованное освещение может, кроме того явиться причиной травматизма: плохо освещённые опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени и пульсации освещённости ухудшают видимость и могут вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого

объекта. Поэтому рациональное освещение помещений и рабочих мест – одно из важнейших условий для создания благоприятных и безопасных условий труда.

Комбинированное освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно устраивать при работах высокой точности, а также при необходимости создания в процессе работы определенной направленности светового потока.

Нормирование освещения осуществляется согласно [10] и представлено в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Нормируемые показатели искусственного освещения основных помещений общественного здания, а также сопутствующих им производственных помещений

Помещения	Искусственное освещение	
	Освещенность, лк	
	При комбинированном освещении	
	Всего	От общего
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	400	200

Для данного производственного помещения будет применяться система комбинированного освещения. Светильники ШОД (1530×284, мощность – 2×80 Вт, КПД=83 %). Высота помещения составляет 4 метра, что позволяет использовать данный светильник (минимальная высота составляет 2,5 м).

4.1.3 Шум

Воздействие шума в течение продолжительного времени может привести к возникновению таких заболеваний как неврозы, гипертония и язвенная болезнь, кожные и кишечные заболевания.

При постоянном воздействии шума, у работающих может возникнуть профессиональная болезнь – снижение слуха по типу кохлеарного неврита.

Под влиянием шумов с уровнями звукового давления 90 – 100 дБ притупляется острота зрения, появляются головные боли и головокружения, происходит нарушение сердечной деятельности, наблюдается бессонница. При очень высоких уровнях звукового давления 145 дБ и выше возможен разрыв барабанной перепонки.

К внутренним источникам шума относится принтер, компьютерная техника, вентиляционное оборудование, а к внешним – улица, т.е. шум вне помещения. Чтобы снизить уровень шума внутри помещения можно использовать виброизолирующие поверхности для шумящего оборудования, например, войлок или резину, мягкие коврики. Для уменьшения шума, проникающего извне в помещение, необходимо установить уплотнение по периметру притворов дверей и окон.

Предельно допустимые уровни шума нормируются [4], представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Предельно допустимые уровни шума

Уровень звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	50
86	71	61	54	49	45	42	40	38	

4.1.4 Электромагнитное излучение

Электромагнитное излучение вредит здоровью человека, в случае превышения предельно допустимых норм. Нормирование постоянных магнитных полей производится по СНиП 1748-72. Напряженность рабочего места при работе магнитных устройств не должна превышать 8 кА/м. Согласно [7], облучение электрическим полем регламентируется по величине напряженности и по продолжительности действия. В таблице 4.6 представлены допустимые уровни напряжённости электрического поля и продолжительности пребывания работающих без средств защиты.

Таблица 4.6 – Допустимые уровни напряжённости электрического поля и продолжительности пребывания работающих без средств защиты

Напряженность электрического поля, кВ/м	Допустимая продолжительность действия, мин.
Менее 5	Без ограничений
5-10	Не более 180
10-15	Не более 90
15-20	Не более 10
20-25	Не более 5

Ослабление мощности электромагнитного поля на рабочем месте происходит путём увеличения расстояния между источником излучения и рабочим местом, установкой отражающих или поглощающих экранов между источником и рабочим местом, размещение токоведущих элементов аппаратов и устройств в ферромагнитные оболочки кожухи. Наиболее эффективна установка экранов, экранируют либо источник излучения, либо рабочее место, также применяют заземляющие экраны.

4.2 Анализ выявленных опасных факторов

4.2.1 Электробезопасность

К опасным физическим фактором на рабочем месте инженера эксплуатационщика относится возможность поражения электрическим током и статическим электричеством согласно СНиП 3.05.06-85.

Возможность поражения электрическим током вызвана неправильными действиями персонала при проведении работ, прикосновением к нетоковедущим частям, которые оказались под напряжением в результате пробоя изоляции оборудования.

Вероятность поражения электрическим током можно снизить путем инструктирования персонала, проведением экзаменов на предмет знания правил техники безопасности, правил технической эксплуатации, межотраслевых правил при работе с электроустановками и оказания первой помощи пострадавшему. Экзамены по ТБ должны проводиться специальной комиссией, которая утверждена

контролирующими органами. Также обязательной нормой выполняется защитное заземление и зануление, устанавливаются устройства защиты оборудования (УЗО), отключающее электропитание от устройств, чьи нетоковедущие части оказались под напряжением.

Статический заряд накопленный на теле человека, вследствие явления электризации, может вывести из строя компоненты компьютерной техники.

При работе с компьютерной техникой, в целях защиты его от статического электричества, необходимо правильно выполнить заземляющее устройство и поддерживать влажность на требуемом уровне а также возможно использование антистатических ковров под рабочим местом [12].

Данное производственное помещение, согласно [11, п.1.1.13], относится к категории помещений без повышенной опасности, т.е. в которых отсутствуют условия создающие повышенную или особую опасность (сырость, токопроводящие полы, высокая температура, химически активная или органическая среда).

4.2.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожарная безопасность в производственных помещениях обеспечивается системой предотвращения пожара путем организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих невозможность возникновения пожара, а также системой пожарной защиты направленной на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничения материального ущерба от него.

Основными причинами пожаров являются нарушения правил технической эксплуатации электроустановок, например перегрузки электрических сетей и коротких замыканий в них, недопустимые сопротивления в местах соединения и контактов проводников, искрения, применение электрооборудования, которое не соответствует классу пожарной зоны. Очень часто пожары могут возникать из-за неосторожного обращения с огнем (от непогашенных окурков, газопламенных работ, куч сухого мусора и т.д.).

Система пожарной защиты предусматривает следующие меры: применение не горючих и трудно горючих веществ и материалов в производстве, ограничения

количества горючих веществ и их надлежащее размещение; изоляция горючей среды; применение средств коллективной и индивидуальной защиты от огня и средств пожарной сигнализации.

Помещение оборудуется электрической пожарной сигнализацией, которая служит для быстрого извещения службы пожарной охраны о возникшем пожаре. Также в помещениях используются ручные углекислотные огнетушители.

Помимо пожарного оборудования в местах, определенных пожарной охраной, должны быть размещены пожарные щиты со следующим набором пожарного оборудования: топоры – 2; ломы и лопаты – 2; багров железных – 2; ведер, окрашенных в красный цвет – 2; огнетушителей – 2 (углекислотные огнетушители ОУ-5).

Непосредственно данное рабочее помещение, согласно[8], относится к В-I категории помещения, в котором находятся горючие твердые вещества и материалы, которые способны гореть при взаимодействии с водой и кислородом.

Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций:

- Воздействие внешних природных факторов, приводящих к старению или коррозии металлов, конструкций, сооружений и снижению их физико-математических показателей.
- Проектно-производственные дефекты сооружений (ошибки при изыскании и проектировании, низкокачественное выполнение строительных работ, плохое качество строительных материалов и конструкций, нарушения в технологии изготовления и строительства).
- Воздействие технологических процессов промышленного производства на материалы сооружений (нагрузки, скорость, высокие температуры, вибрация).
- Нарушение правил эксплуатации, сооружений и технологических процессов (вызывающих взрывы котлов, химических веществ, угольной пыли, метана в шахтах).
- Нарушение правил техники безопасности при ведении работ и технологических процессов.

- Ошибки, связанные с системой отбора руководящих кадров, низким уровнем профессиональной подготовки рабочих и специалистов и их некомпетентностью и безответственностью и т.д.

К основным видам возможных ЧС техногенного характера непосредственно на самой подстанции ПАО «ТРК» относятся:

- аварии с выбросом химически опасных веществ;
- пожары и взрывы;
- транспортные аварии;
- аварии на энергетических и коммунальных системах;
- обрушение зданий и сооружений.

Наиболее типичным ЧС на подстанции ПАО «ТРК» являются пожары и взрывы.

Повышение взрывобезопасной устойчивости (согласно ГОСТ 12.01.010 – 76).

Источником инициирования взрыва являются:

- открытое пламя, горящие и раскаленные тела;
- электрические разряды;
- тепловые проявления химических реакций и механических воздействий;
- искры от удара и трения;
- ударные волны;
- электромагнитные и другие излучения.

Предотвращение возникновения источника инициирования взрыва должно быть обеспечено:

- предотвращением нагрева оборудования до температуры самовоспламенения взрывоопасной среды;

- применением материалов, не создающих при соударении искр, способных инициировать взрыв взрывоопасной среды; применением средств защиты от атмосферного и статического электричества, блуждающих токов, токов замыкания на землю и т. д.:

- применением быстродействующих средств защитного отключения возможных электрических источников инициирования взрыва;

- ограничением мощности электромагнитных и других излучений;
- устранением опасных тепловых проявлений химических реакций и механических воздействий.

Предотвращение воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов, возникающих в результате взрыва, и сохранение материальных ценностей обеспечиваются:

- установлением минимальных количеств взрывоопасных веществ, применяемых в данных производственных процессах;
- применением огнепреградителей, гидрозатворов, водяных и пылевых заслонов, инертных (не поддерживающих горение) газовых или паровых завес;
- применением оборудования, рассчитанного на давление взрыва;
- обваловкой и бункеровкой взрывоопасных участков производства или размещением их в защитных кабинах;
- защитой оборудования от разрушения при взрыве при помощи устройств аварийного сброса давления (предохранительные мембраны и клапаны);
- применением быстродействующих отсечных и обратных клапанов;
- применением систем активного подавления взрыва.

4.3 Экологическая безопасность

При выполнении работы на рабочем месте инженер эксплуатационщик при дыхании выделяет в атмосферу углекислый газ.

Окислы углерода (СО и СО₂) практически не взаимодействуют с другими веществами в атмосфере и время их существования практически не ограничено. Свойства СО и СО₂, как и других газов, по отношению к солнечному излучению характеризуются избирательностью в небольших участках спектра.

Сточные воды содержат ванадий, никель, фтор, фенолы и нефтепродукты. На крупных электростанциях расход воды, загрязнённой нефтепродуктами (масла и мазут), доходит до 10-15 м³/ч при среднем содержании нефтепродуктов 1-30 мг/кг (после очистки). При сбросе их в водоёмы они оказывают пагубное влияние на качество воды, водные организмы.

Очистка и утилизация сточных вод из канализационных систем населенных пунктов производится в специальных очистных сооружениях.

Также, в этих сооружениях производятся обработка и обеззараживание сточных вод, которое позволяет выполнить в дальнейшем их утилизацию.

Опасным отходом являются отработанные энергосберегающие лампы. Ртуть относится к вредным веществам первой категории, и его неправильная утилизация сильно вредит окружающей среде и людям, которые находятся рядом.

После утилизации отходы отправляются на переработку, металл отправляется на переплавку на предприятия черной и цветной металлургии, а отходы, не подлежащие переработке, отправляются на специальные полигоны для захоронения.

4.5 Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности

Так как основная работа инженера эксплуатационщика производится с помощью персонального компьютера, то необходимо рассмотреть требования к данному рабочему месту.

1. Помещения с ПК должны быть оборудованы системами кондиционирования воздуха, отопления и вентиляции [12];
2. Помещения должны иметь естественное и искусственное освещение;
3. Объем рабочей комнаты должен составлять не менее 20 м^3 , а площадь рабочего места – не менее 6 м^2 ;
4. В рабочем помещении должны находиться углекислотный огнетушитель и аптечка первой медицинской помощи;
5. Поверхность пола в помещении должна обладать антистатическим эффектом и быть удобной для очистки и уборки;
6. Для комфортного положения рабочей позы необходимо применять рабочие стулья с сиденьем и спинкой, которые регулируются по высоте и углу наклона;
7. Для отделки интерьера внутри помещения с ПК необходимо использовать диффузно – отражающие материалы с коэффициентом отражения для стен – 0,5-0,6; для потолка – 0,7-0,8; для пола – 0,3-0,5.

Для эффективной работы инженера на рабочем месте должны соблюдаться режимы труда и отдыха, для которых предусматриваются определенные длительности перерывов, с учетом продолжительности рабочей смены, категории и видов трудовой деятельности. При 8-часовой рабочей смены регламентированные перерывы следует устанавливать через 2 часа от начала смены и через 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью по 15 минут. Непрерывность работы не должна превышать 2 часа, необходимо делать перерывы по 1-4 минуты для снятия усталости. Также необходимо делать гимнастику для глаз, рук и плечевого пояса.

Все работники, использующие персональный компьютер, должны проходить медицинские осмотры при поступлении на работу, а также с периодичностью, раз в 1 год.

Заключение

В результате расчета потерь электрической энергии различными методами для рассматриваемой части схемы электроснабжения ОАО «Восток» РП -1 10 кВ, была достигнута цель данной работы. Поставленные в задании задачи рассмотрены и выполнены в полном объеме.

Проведение сопоставительного анализа определения методов потерь электрической энергии осуществлялось в следующем порядке:

1. Расчет исходного установившегося режима части схемы электроснабжения ОАО «Восток».
2. Определение потерь электрической энергии следующими методами:
 - а) по графику нагрузки;
 - б) по наибольшему времени потерь;
 - в) метод τ_P, τ_Q ;
 - г) метод характерных суточных режимов.
3. Анализ получившихся потерь электрической энергии.
4. Расчет потерь мощности в элементах схемы электроснабжения ОАО «Синтез».
5. Анализ структуры полученных потерь мощности.

Сопоставительный анализ определения методов потерь электрической энергии для схемы электроснабжения ОАО «Восток» РП -1 10 кВ показал, что все рассчитанные разными методами годовые потери электрической энергии имеют схожие значения. Наиболее точным методом является метод определения потерь по графику нагрузки, менее точный – метод характерных суток.

Анализ структуры потерь мощности в элементах схемы электроснабжения ОАО «Восток» показывает, что наибольший процент потерь мощности приходится на потери в трансформаторах, которые включают в себя потери на холостой ход.

Список литературы

1. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии.-Изд. Ростов на Дону: Феникс, 2008.-715 с.
2. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник вузов. – М.: Энергомиздат, 1989. – 592 с.
3. Справочник по проектированию электрических сетей. /под редакцией Д.Л. Файбисовича.-М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 5005-320 с.
4. Литвак В.В., Силич В.А., Яворский М.И. Региональный вектор энергосбережения, - Томск: STT, 1999 - 320с.
5. Поспелов Г.Е., Сыч Н.Д. Потери мощности и энергии в электрических сетях/Под ред. Г.Е. Поспелова. М.: Энергоиздат, 1981.
6. Глазунов А.А. Электрические сети и системы / А.А. Глазунов, А.А. Глазунов . М.: Госэнергоиздат, 1960. 368 с.
7. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем/ В.Э. Воротницкий, Ю.С. Железко, В.Н. Казанцев и др.; Под ред. В.Н. Казанцева. М.: Энергоатомиздат, 1983.
8. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / В.Э. Воротницкий, Ю.С. Железко, В.Н. Казанцев и др.; под ред. В.Н. Казанцева. М.: Энергоатомиздат, 1983. 368 с.
9. Железко Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях / Ю.С. Железко. М.: Энергоатомиздат, 1989. 176 с.
- 10.Поспелов Г.Е. Потери мощности и энергии в электрических сетях / Г.Е. Поспелов, Н.М. Сыч; под ред. Г.Е. Поспелова. М.: Энергоатомиздат, 1981.216 с.
11. Балашов А.И. Управление проектами: учебник для бакалавров/ А.И. Балашов, Е. М. Рогова, М. В. Тихонова, Е. А. Ткаченко; под ред. Е. М. Роговой. —М. : Издательство Юрай, 2013. — 383 с. — Серия : Бакалавр. Базовыйкурс.
12. Кондратьева М.Н. Экономика и организация производства: учебное пособие/ М.Н. Кондратьева, Е.В. Баландина, - Ульяновск: УлГТУ, 2013. – 98 с.
13. Фатхутдинов Р.А. Производственный менеджмент: Учебник для вузов. 6-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 496 с.

14. Приложение об окладах по новой системе оплат труда с 01.10.2013 -ТПУ. – 5 с.
15. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
16. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России, 1999.
17. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
18. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
19. Правила устройства электроустановок. 6-е изд. с изм. и дополн. – СПб, 1999. – 123 с.
20. ГОСТ 12.1.002-84 «Электрические поля промышленной частоты.
21. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
22. ГОСТ 30247.0–94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования».
23. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
24. Правила устройства электроустановок ПУЭ. – 7-е изд. – М.: НЦ ЭНАС, 1999. – 640 с.
25. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы"

Приложение 1- Исходная информация по ветвям схемы

ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПО ВЕТВЯМ СХЕМЫ									
	Н	Н	MW	R	X	КТ			
	НАЧАЛА	КОНЦА	ОТКЛ.	АКТИВНОЕ	РЕАКТИВНОЕ	КОЭФ-ЭНТ			
	ВЕТВИ	ВЕТВИ	ВЕТВЬ	СОПРОТИВЛЕНИЕ	СОПРОТИВЛЕНИЕ	ТРАН-ЦИИ			
				(ОМ)	(ОМ)	ОТ. ЕД.			
1	1	123	0	.158	.060	1.000			
2	123	31	0	.036	.009	1.000			
3	31	2001	0	1.220	5.350	26.250			
4	31	1531	0	.023	.006	1.000			
5	1531	1501	0	1.220	5.350	26.250			
6	123	19	0	.111	.028	1.000			
7	19	3001	0	1.220	5.350	26.250			
8	19	2819	0	.030	.007	1.000			
9	2819	2801	0	1.220	5.350	26.250			
10	123	11	0	.173	.044	1.000			
11	11	6001	0	1.800	9.100	26.250			
12	11	7011	0	.055	.015	1.000			
13	7011	7001	1	1.220	5.350	26.250			
14	123	15	1	.132	.034	1.000			
15	15	8003	1	1.220	5.350	26.250			
16	123	21	0	.174	.034	1.000			
17	21	1011	0	1.800	9.100	26.250			
18	123	13	0	.186	.047	1.000			
19	13	1301	1	1.800	9.100	26.250			
20	13	8013	0	.108	.027	1.000			
21	8013	8001	0	1.220	5.350	26.250			
22	123	111	0	.091	.023	1.000			
23	111	1401	0	1.220	5.350	26.250			
24	111	101	0	.082	.021	1.000			
25	101	1001	0	1.220	5.350	26.250			
26	123	33	0	.023	.006	1.000			
27	33	1511	0	1.220	5.350	26.250			
28	33	4033	0	.082	.021	1.000			
29	4033	4011	0	1.220	5.035	26.250			
30	123	35	0	.224	.043	1.000			
31	35	1601	0	1.220	5.350	26.250			
32	123	9	0	.098	.025	1.000			
33	9	2601	1	1.220	5.350	26.250			
34	9	1909	0	.036	.009	1.000			
35	1909	1901	0	2.120	8.500	26.250			
36	123	7	0	.284	.072	1.000			
37	7	2701	0	2.120	8.500	26.250			
38	123	37	1	.107	.022	1.000			
39	37	2901	1	4.350	10.200	26.250			
40	123	5	0	.304	.058	1.000			
41	5	401	0	3.700	10.600	26.250			
42	5	1805	0	.134	.026	1.000			
43	1805	1801	1	6.700	15.600	26.250			
44	123	17	0	.150	.038	1.000			
45	17	5001	1	1.500	6.800	26.250			
46	17	4017	0	.039	.010	1.000			
47	4017	4001	0	1.220	5.350	26.250			
48	123	27	0	.183	.047	1.000			
49	27	5011	0	1.220	5.350	26.250			

Приложение 2- Исходная информация по узлам схемы

ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ В УЗЛАХ СХЕМЫ								
I	N	I	U	I	P	I	Q	I
I	УЗЛА	I	НАПРЯЖЕН	I	АКТИВНАЯ	I	РЕАКТИВНАЯ	I
I		I	УЗЛА	I	МОЩНОСТЬ	I	МОЩНОСТЬ	I
I		I	(КВ)	I	(КВТ)	I	(КВАР)	I
I		I		I		I		I
1	I	1	I	10.50	I	.000	I	.000
2	I	123	I	10.50	I	.000	I	.000
3	I	31	I	10.50	I	3.300	I	14.000
4	I	2001	I	.40	I	111.200	I	92.143
5	I	1531	I	10.50	I	3.300	I	14.000
6	I	1501	I	.40	I	221.000	I	165.750
7	I	19	I	10.50	I	3.300	I	14.000
8	I	3001	I	.40	I	155.000	I	136.697
9	I	2819	I	10.50	I	3.300	I	14.000
10	I	2801	I	.40	I	92.600	I	79.188
11	I	11	I	10.50	I	1.800	I	11.480
12	I	6001	I	.40	I	197.100	I	168.552
13	I	7011	I	10.50	I	3.300	I	14.000
14	I	7001	I	.40	I	.000	I	.000
15	I	15	I	10.50	I	3.300	I	14.000
16	I	8003	I	.40	I	.000	I	.000
17	I	21	I	10.50	I	1.800	I	11.480
18	I	1011	I	.40	I	120.000	I	93.130
19	I	13	I	10.50	I	1.800	I	11.480
20	I	1301	I	.40	I	.000	I	.000
21	I	8013	I	10.50	I	3.300	I	14.000
22	I	8001	I	.40	I	51.000	I	47.748
23	I	111	I	10.50	I	3.300	I	14.000
24	I	1401	I	.40	I	160.000	I	128.320
25	I	101	I	10.50	I	3.300	I	14.000
26	I	1001	I	.40	I	100.000	I	80.228
27	I	33	I	10.50	I	3.300	I	14.000
28	I	1511	I	.40	I	76.000	I	62.976
29	I	4033	I	10.50	I	3.300	I	14.000
30	I	4011	I	.40	I	194.000	I	150.560
31	I	35	I	10.50	I	3.300	I	14.000
32	I	1601	I	.40	I	150.800	I	105.259
33	I	9	I	10.50	I	3.300	I	14.000
34	I	2601	I	.40	I	.000	I	.000
35	I	1909	I	10.50	I	2.270	I	12.600
36	I	1901	I	.40	I	188.000	I	136.110
37	I	7	I	10.50	I	2.270	I	12.600
38	I	2701	I	.40	I	175.000	I	145.010
39	I	37	I	10.50	I	.730	I	3.840
40	I	2901	I	.40	I	.000	I	.000
41	I	5	I	10.50	I	1.450	I	8.400
42	I	401	I	.40	I	65.000	I	57.325
43	I	1805	I	10.50	I	1.050	I	5.750
44	I	1801	I	.40	I	.000	I	.000
45	I	17	I	10.50	I	3.000	I	13.500
46	I	5001	I	.40	I	.000	I	.000
47	I	4017	I	10.50	I	3.300	I	14.000
48	I	4001	I	.40	I	180.000	I	125.641
49	I	27	I	10.50	I	3.300	I	14.000
50	I	5011	I	.40	I	104.000	I	86.177

Приложение 3- Результаты расчета исходного установившегося режима

ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЕТА ИМЕЕМ:

1. ЧИСЛО ИТЕРАЦИЙ ПО ПРИПАСОВЫВАНИЮ NR= 3
 2. МОЩНОСТЬ БАЛАНСИРУЮЩЕГО УЗЛА: АКТИВНАЯ P= 2427.2860 (КВТ)
 РЕАКТИВНАЯ Q= 2185.5420 (КВАР)
 3. ЗНАЧЕНИЕ ТАНГЕНСА ФИ В БАЛАНСИРУЮЩЕМ УЗЛЕ TGO= .900 (ОТ.ЕД.)
 4. СУММАРНЫЕ ПОТЕРИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ DP= 24.9453 (КВТ)
 И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ DQ= 41.4380 (КВАР)
 5. СУММАРНАЯ МОЩНОСТЬ ГЕНЕРАЦИИ PT= 2427.2860 (КВТ)
 6. КПД ПО МОЩНОСТИ ГЕНЕРАЦИИ КПД=98.972 (ПРОЦЕНТЫ)

РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ : МОДУЛЯ И ФАЗЫ НАПРЯЖЕНИЯ, МОЩНОСТИ В
 УЗЛАХ; МОЩНОСТИ И ТОКА В ПРОДОЛЬНЫХ ВЕТВЯХ (ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ К УЗЛУ
 НАЧАЛА ВЕТВИ) : АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОВОДИМОСТЯХ
 УЗЛА

+P,Q УЗЛА СООТВЕТСТВУЕТ НАГРУЗКА
 -P,Q УЗЛА СООТВЕТСТВУЕТ ГЕНЕРАЦИЯ

P ВЕТВИ	I N I		/U/ I УГОЛ U I Р УЗЛА		I Q УЗЛА		I ВЕТВИ		I		I
	I Q ВЕТВИ		I /I/ФАЗ.I Р ПОПЕР.I		Q ПОПЕР.I						
	I I		I I		I I		I I		I I		
I	I ВЕТВИ I		I ВЕТВИ I								I
IУЗЛА I	I КВ		I ГРАД I		I КВТ		I КВАР		IN НЧ IN КОН I		I КВТ I
КВАР I	I КА I		I КВТ I		I КВАР I						I

1	I	123 I	10.45		.10	-5.26	18.79	123 -	1	2411.45	
2181.32		.180	.000		.000 I			123 -	31	-341.15	
	I	I						123 -			
-287.20		.025			I			123 -	19	-255.23	
	I	I						123 -			
-245.65		.020			I			123 -	11	-203.63	
	I	I						123 -			
-199.16		.016			I			123 -	21	-122.38	
	I	I						123 -			
-105.76		.009			I			123 -	13	-56.40	
	I	I						123 -			
-72.79		.005			I			123 -	111	-267.78	
	I	I						123 -			
-238.09		.020			I			123 -	33	-279.14	
	I	I						123 -			
-239.48		.020			I			123 -	35	-154.73	
	I	I						123 -			
-120.38		.011			I			123 -	9	-195.04	
	I	I						123 -			
-165.75		.014			I			123 -	7	-178.58	
	I	I						123 -			
-161.33		.013			I			123 -	5	-67.85	
	I	I						123 -			
-71.81		.005			I			123 -	17	-187.15	
	I	I						123 -			
-154.72		.013			I			123 -	27	-107.65	
	I	I						123 -			
-100.40		.008			I			123 -			
	I	I						123 -			

-----I											

294.40	2	I	31	I	10.45	.11	1.17	23.06	31 - 123	339.12
					.025	.000	.000	I		
-93.17		I		I					31 - 2001	-111.46
					.008			I		
-178.17		I		I					31 - 1531	-226.49
					.016			I		
		I		I						
92.15	3	I	2001	I	.40	-.15	111.18	92.15	2001 - 31	111.18
					.211	.000	.000	I		
		I		I						
189.34	4	I	1531	I	10.45	.11	1.55	19.78	1531 - 31	223.45
					.016	.000	.000	I		
-169.57		I		I					1531 - 1501	-221.90
					.015			I		
		I		I						
165.76	5	I	1501	I	.39	-.41	220.98	165.76	1501 - 1531	220.98
					.405	.000	.000	I		
		I		I						
247.89	6	I	19	I	10.45	.11	2.26	19.55	19 - 123	254.63
					.020	.000	.000	I		
-138.82		I		I					19 - 3001	-155.51
					.012			I		
-89.52		I		I					19 - 2819	-96.86
					.007			I		
		I		I						
136.70	7	I	3001	I	.39	-.24	154.98	136.70	3001 - 19	154.98
					.302	.000	.000	I		
		I		I						
98.39	8	I	2819	I	10.45	.12	2.27	18.47	2819 - 19	95.06
					.008	.000	.000	I		
-79.92		I		I					2819 - 2801	-92.79
					.007			I		
		I		I						
79.19	9	I	2801	I	.40	-.09	92.58	79.19	2801 - 2819	92.58
					.178	.000	.000	I		
		I		I						
200.56	10	I	11	I	10.45	.12	1.04	14.64	11 - 123	203.16
					.016	.000	.000	I		
-174.36		I		I					11 - 6001	-198.26
					.015			I		
-11.56		I		I					11 - 7011	-3.86
					.001			I		
		I		I						
168.55	11	I	6001	I	.39	-.68	197.09	168.55	6001 - 11	197.09
					.383	.000	.000	I		
		I		I						
16.24	12	I	7011	I	10.45	.12	2.64	16.24	7011 - 11	2.64
					.001	.000	.000	I		
		I		I						

107.33	13 I	21 I	10.45	.11	1.58	12.24	21 - 123	121.98
			.009	.000	.000 I			
-95.09	I	I					21 - 1011	-120.40
			.008		I			
	I-----I							
					I			
93.13	14 I	1011 I	.39	-.38	119.99	93.13	1011 - 21	119.99
			.223	.000	.000 I			
	I-----I							
					I			
74.18	15 I	13 I	10.45	.11	1.31	13.35	13 - 123	55.98
			.005	.000	.000 I			
-60.83	I	I					13 - 8013	-54.67
			.005		I			
	I-----I							
					I			
63.25	16 I	8013 I	10.45	.11	2.97	15.26	8013 - 13	54.05
			.005	.000	.000 I			
-47.98	I	I					8013 - 8001	-51.08
			.004		I			
	I-----I							
					I			
47.75	17 I	8001 I	.40	.00	50.98	47.75	8001 - 8013	50.98
			.102	.000	.000 I			
	I-----I							
					I			
240.92	18 I	111 I	10.45	.11	2.48	17.10	111 - 123	266.91
			.020	.000	.000 I			
-130.41	I	I					111 - 1401	-160.50
			.011		I			
-93.42	I	I					111 - 101	-103.93
			.008		I			
	I-----I							
					I			
128.32	19 I	1401 I	.39	-.26	159.98	128.32	1401 - 111	159.98
			.300	.000	.000 I			
	I-----I							
					I			
96.69	20 I	101 I	10.45	.12	2.82	15.65	101 - 111	103.03
			.008	.000	.000 I			
-81.03	I	I					101 - 1001	-100.21
			.007		I			
	I-----I							
					I			
80.23	21 I	1001 I	.40	-.12	99.98	80.23	1001 - 101	99.98
			.187	.000	.000 I			
	I-----I							
					I			
250.69	22 I	33 I	10.45	.11	1.59	21.49	33 - 123	276.21
			.021	.000	.000 I			
-63.45	I	I					33 - 1511	-76.13
			.005		I			
-165.75	I	I					33 - 4033	-198.48
			.014		I			
	I-----I							
					I			

62.98	23	I1511	I	.40	-.07	75.98	62.98	1511	-	33	75.98	
				.144	.000	.000	I					
		I	----	I	-----	I	-----					
169.01	24	I4033	I	10.45	.11	2.85	15.63	4033	-	33	197.56	
				.014	.000	.000	I					
		I		I				4033	-	4011	-194.71	
-153.39				.014		I						
		I	----	I	-----	I	-----					
150.57	25	I4011	I	.39	-.31	193.97	150.57	4011	-	4033	193.97	
				.359	.000	.000	I					
		I	----	I	-----	I	-----					
121.53	26	I	35	I	10.45	.12	3.16	14.59	35	-	123	154.36
				.011	.000	.000	I					
		I		I					35	-	1601	-151.21
-106.93				.010		I						
		I	----	I	-----	I	-----					
105.26	27	I1601	I	.40	-.24	150.78	105.26	1601	-	35	150.78	
				.269	.000	.000	I					
		I	----	I	-----	I	-----					
168.45	28	I	9	I	10.45	.11	2.20	19.05	9	-	123	194.40
				.014	.000	.000	I					
		I		I					9	-	1909	-192.20
-149.39				.013		I						
		I	----	I	-----	I	-----					
156.69	29	I1909	I	10.45	.11	1.48	16.27	1909	-	9	190.57	
				.014	.000	.000	I					
		I		I					1909	-	1901	-189.09
-140.43				.013		I						
		I	----	I	-----	I	-----					
136.11	30	I1901	I	.39	-.59	187.98	136.11	1901	-	1909	187.98	
				.342	.000	.000	I					
		I	----	I	-----	I	-----					
162.24	31	I	7	I	10.45	.12	2.11	13.09	7	-	123	178.16
				.013	.000	.000	I					
		I		I					7	-	2701	-176.05
-149.15				.013		I						
		I	----	I	-----	I	-----					
145.01	32	I2701	I	.39	-.51	174.98	145.01	2701	-	7	174.98	
				.335	.000	.000	I					
		I	----	I	-----	I	-----					
72.66	33	I	5	I	10.45	.11	1.13	9.84	5	-	123	67.69
				.005	.000	.000	I					
		I		I					5	-	401	-65.27
-58.06				.005		I						
		I		I					5	-	1805	-1.29
-4.76				.000		I						
		I	----	I	-----	I	-----					

57.33	34	I	401	I	.39	-.14	64.99	57.33	401	-	5	64.99
					.127	.000	.000 I					
					I-----I							
6.72	35	I	1805	I	10.45	.11	.83	6.72	1805	-	5	.83
					.000	.000	.000 I					
					I-----I							
156.41	36	I	17	I	10.45	.11	2.00	17.82	17	-	123	186.73
					.013	.000	.000 I					
					I							
-138.59					.013		I		17	-	4017	-184.73
					I-----I							
145.16	37	I	4017	I	10.45	.11	2.27	17.12	4017	-	17	182.84
					.013	.000	.000 I					
					I							
-128.04					.012		I		4017	-	4001	-180.57
					I-----I							
125.65	38	I	4001	I	.39	-.31	179.98	125.65	4001	-	4017	179.98
					.321	.000	.000 I					
					I-----I							
101.79	39	I	27	I	10.45	.11	3.13	14.71	27	-	123	107.36
					.008	.000	.000 I					
					I							
-87.08					.008		I		27	-	5011	-104.23
					I-----I							
86.18	40	I	5011	I	.40	-.13	103.98	86.18	5011	-	27	103.98
					.197	.000	.000 I					
					I-----I							
-2185.54	41	I	1	I	10.50	.00	-2427.29	-2185.54	1	-	123	-2427.29
					.180	.000	.000 I					
					I-----I							

КОНЕЦ ПЕЧАТИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ИСХОДНОГО УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА

